



Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería

Panorama latinoamericano

Guerra, Aida; Rodriguez-Mesa , Fernando ; González, Fabián Andrés; Ramírez, Maria Catalina

Publication date:
2017

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Guerra, A., Rodriguez-Mesa , F., González, F. A., & Ramírez, M. C. (Eds.) (2017). *Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano*. Aalborg Universitetsforlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano

Editado por:

Aida Guerra

Fernando Rodríguez-Mesa

Fabián Andrés González

María Catalina Ramírez



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



AALBORG UNIVERSITY

Aalborg Centre for Problem Based Learning
in Engineering Science and Sustainability
under the auspices of UNESCO

Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería: Panorama latinoamericano

Editores:

Aida Guerra

*Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability under the
auspices of UNESCO. Aalborg University, Aalborg, Denmark*

Fernando Rodríguez-Mesa

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

Fabián Andrés González

Universidad del Valle, Cali, Colombia

Maria Catalina Ramírez

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

© Aalborg University Press, Junio 2017

Diseño de la portada: Jhon Jairo Nieto Villanueva

Universidad Nacional de Colombia

ISBN: 978-87-7112-646-4

Publicado por:

Aalborg University Press

Skjernvej 4A, 2nd floor

DK – 9220 Aalborg

Denmark

Phone: (+45) 99 40 71 40, Fax: (+45) 96 35 00 76

aauf@forlag.aau.dk

www.forlag.aau.dk

General Copyrights The authors and/or other copyright owners retain copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights. Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research. You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy If you believe that this document breaches copyright, please contact Aalborg University Press at [AAUF@FORLAG.AAU.DK] providing details and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Aprendizaje basado en problemas y
educación en ingeniería
Panorama latinoamericano*

Editores:

Aida Guerra

Fernando Rodríguez-Mesa

Fabián Andrés González

Maria Catalina Ramírez

Julio 2017

Aalborg, Denmark

Prefacio

La tecnología juega un papel central en la sociedad contemporánea y en nuestra vida diaria, proporcionando, por ejemplo, nuevas formas de comunicación, diagnósticos y tratamientos de enfermedades, transporte, suministro de energía. También contribuye a afrontar grandes desafíos como la sostenibilidad y cambio climático. Los futuros ingenieros también deben ser capaces de responder al desarrollo tecnológico y la globalización. Para responder a estos desafíos se necesita atraer, retener y equipar a la próxima generación de ingenieros con conocimientos técnicos profundos y los atributos para navegar, adaptarse y desempeñarse en esta sociedad y profesión siempre volátil ([McMasters 2006](#), [UNESCO 2010](#))

Al contar con ingenieros capaces y calificados, los países tendrán potencial para la innovación tecnológica, el progreso social y el desarrollo económico. Para lograr esto, es necesario romper la visión tradicional de la educación en ingeniería y cambiar hacia enfoques más centrados en el estudiante, con un plan de estudios de aprendizaje activo donde los estudiantes desarrollen los atributos necesarios. Las organizaciones internacionales, los organismos de acreditación y los estudios han estado reclamando el tipo de ambiente de aprendizaje y las competencias necesarias para el siglo XXI ([ABET 2016](#), [ENAAE 2012](#), [National Academy of Engineering 2005](#)). El aprendizaje basado en problemas (PBL) y sus modelos diversos, ha sido una respuesta y varias instituciones de ingeniería de todo el mundo están empezando a cambiar su plan de estudios para implementar PBL. Pero este proceso ha sido lento y difícil, a pesar de que en muchos programas de ingeniería se están reformando los planes de estudio. Sin embargo existen a lo largo del mundo, ejemplos buenos, inspiradores y motivadores para sugerir cambios en esa dirección.

En la primavera de 2016, en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Valle y la Universidad de los Andes, el Centro Aalborg para PBL en Ciencia de la Ingeniería y Sostenibilidad, bajo los auspicios de la UNESCO (Universidad de Aalborg, Dinamarca) tomó la iniciativa de reunir y compilar casos de PBL implementados en la educación en ingeniería en América Latina. El propósito general es proveer conocimiento e historias exitosas de implementación de PBL en los países de América Latina para que sus educadores e instituciones se sientan inspirados y motivados para fomentar y apoyar el cambio.

El resultado es este libro, compuesto por doce capítulos agrupados en tres partes. La Parte I, titulada Definición de PBL y modificación del plan de estudios, está compuesta por el capítulo Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL. En este capítulo, los editores presentan una revisión de la literatura donde el PBL se define teniendo dos perspectivas: (i) sus principios de aprendizaje y (ii) la organización del plan de estudios en torno a los problemas. A pesar de que los principios de aprendizaje se refieren a las teorías de aprendizaje en las que se basa en el PBL, los modelos curriculares indican infinitas posibilidades cuando se definen su elementos y combinaciones.

La Parte II, titulada Panorama de Prácticas de PBL en Latinoamérica, incluye diez capítulos (del capítulo 2 al capítulo 11) sobre la implementación de PBL en América Latina y su variaciones. La diversidad de modelos surge de diferentes estrategias y niveles de implementación, problemas definidos, recursos, progresión y tiempo asignado, roles de actores, espacios de aprendizaje creados y cultura institucional o nacional. Por consiguiente, reflejan la complejidad y la dinámica de un entorno de aprendizaje activo como PBL. El libro incluye cuatro casos de Brasil (capítulos 2, 4, 7 y 11), que proporcionan ejemplos de implementación de PBL y reforma curricular a nivel institucional, de programa y de curso. Los otros seis capítulos son casos de los países de habla hispana, a saber, Colombia (capítulos 5, 9 y 10), Chile (capítulo 6), Costa Rica (capítulo 3) y Perú (capítulo 8). Estos casos proporcionan ejemplos de cambio a nivel de programa y del curso, donde el proceso es desencadenante y liderado por personal académico motivado (es decir, enfoque de abajo hacia arriba). En general, el libro incluye ejemplos de las principales estrategias utilizadas para implementar PBL, desde el diseño del plan de estudios, la implementación y la evaluación. Cada uno de los capítulos comienza presentando un resumen del contenido y los impulsores del cambio, la implementación del PBL

y los elementos curriculares, los desafíos y las perspectivas futuras. También vale la pena mencionar que los ejemplos adoptan un enfoque de cambio basado en la evidencia, recopilando datos empíricos sobre el progreso y satisfacción de los estudiantes. Esta es también una forma de actividad académica y es importante para el desarrollo del plan de estudios y el aseguramiento de la calidad (Patil & Gray 2009, Wankat et al. 2002).

La Parte III, titulada Perspectivas de Modificación Curricular en Latinoamérica, está compuesta por un capítulo de conclusión donde los editores resumen y reflexionan sobre los diferentes casos presentados en relación con la teoría del PBL y la administración del currículo.

El libro está escrito en español y portugués, es decir, en las lenguas nativas de los autores colaboradores. Consideramos que el libro refleja las principales estrategias de cambio curricular, modelos y motivaciones para implementar PBL e innovar la educación en ingeniería. Esperamos que el lector encuentre este libro inspirador y le ayude a cambiar el juego para su práctica de educación de ingeniería.

Aalborg,
Julio, 2017

Aida Guerra
Fernando Rodríguez-Mesa
Fabián Andrés González

Referencias

- ABET (2016), 'Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2016 – 2017.'.
- ENAAE (2012), 'EUR-ACE® Standards Guidelines for Accreditation of Engineering Programmes. Retrieved from'.
- URL: <http://www.enaee.eu/eur-ace-system/>
- Mcmasters, J. H. (2006), 'Influencing Student Learning : An Industry Perspective *', **22**(3).
- National Academy of Engineering (2005), *EDUCATING THE ENGINEER OF 2020*, National Academies Press, Washington D.C.
- Patil, A. & Gray, P., eds (2009), *Engineering Education Quality Assurance. A Global Perspective*, Springer.

UNESCO (2010), Engineering : Issues Challenges and Opportunities for Development, Technical report.

Wankat, P. C., Felder, R., Smith, K. A. & Oreovicz, F. S. (2002), The Scholarship of Teaching and Learning in Engineering, *in* M. T. Huber & S. Morreale, eds, 'Disciplinary Styles in the Scholarship of Teaching and Learning: Exploring Common Ground', AAHE/Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Washington D.C.

Agradecimientos

Los editores agradecen a Anabela Alves y Diana Mesquita de la Universidad de Minho, y Sandra Fernández de la *Universidade Portucalense* en Portugal; a Luis Bretel; a María José Terrón de la Universidad Europea en España y a Natascha van Hattum de *Saxion University of Applied Sciences* en Holanda, quienes ayudaron a revisar los capítulos y proporcionaron sus perspectivas para mejorarlos. También queremos agradecer a todos los autores por sus contribuciones y compromiso por hacer posible esta publicación.

Contenido

Prefacio	iv
Agradecimientos	viii
Parte I Definición de PBL (ABP) y Modificación del plan de estudios	
1 Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL	2
Aida Guerra, Fernando Rodríguez Mesa, Fabián Andrés González	
Parte II Panorama de prácticas PBL en Latinoamérica	
2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos	20
Dianne M. Viana, Carla Koike, Flávio de B. Vidal, Thiago Doca e Antônio M. D. Henriques	
3 ABP desde las trincheras: un caso de estudio en la enseñanza de la Ingeniería de Sistemas	44
Maria Marta Sandoval Carvajal, Rita Cortés Chavarría, Elena Porras Piedra y Fulvio Lizano Madriz	
4 A formação de engenheiros no Brasil pela Universidade Virtual do Estado de São Paulo	59
Ulisses F. Araújo, Waldomiro Loyolla, Mônica C. Garbin e Carolina Costa Cavalcanti	

5	Modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos para Cursos en Currículos de Educación Tradicional. Caso: Sistemas de Control ...	79
	Liliana Fernández Samacá y José Miguel Ramírez Scarpetta	
6	Aplicación de Just-in-Time Teaching con ABP en cursos de Ingeniería	100
	Matías Recabarren y Claudio Álvarez	
7	Projetos de Sistemas Sustentáveis de Produção no Curso de Graduação de Engenharia de Produção da UnB	121
	João Mello da Silva, Simone Borges Simão Monteiro João Carlos Félix Souza e Ana Carla Bittencourt Reis	
8	Química General con ABP para los primeros ciclos de Ingeniería ...	139
	María Felipa Cañas Cano	
9	Promoción de Educación en Ingeniería desde una Propuesta STEM Orientada por Proyectos	164
	Mariana Tafur, Angela Restrepo y Carola Hernandez	
10	Juego de roles como estrategia de aprendizaje basado en problemas .	179
	Alejandra María González, Flor Ángela Bravo, Kristell Fadul, Luisa Fernanda García y Francisco Fernando Viveros	
11	Aprendizado baseado em problemas em ambiente de ensino semipresencial: uma aplicação em engenharia de transportes	195
	Antônio Néelson Rodrigues da Silva e Nidia Pavan Kuri	
Parte III Perspectivas de modificación curricular en Latinoamérica		
12	Los cambios hacia el PBL: Lecciones aprendidas	212
	Aida Guerra, Fernando Rodríguez Mesa y Fabián Andrés González	
Editores y autores		226
Lista de Revisores		230

Parte I

Definición de PBL (ABP) y Modificación del plan de estudios

Capítulo 1

Principios de aprendizaje y organización curricular en el PBL

Aida Guerra, Fernando Rodríguez Mesa, Fabián Andrés González

Involucrar activamente a los estudiantes en su proceso de aprendizaje y en la adquisición de conocimiento ha sido mencionado por diversos filósofos durante siglos. Por ejemplo, Confucio, profesor y filósofo chino (551-479 A.C.), señala en su proverbio que la transmisión de conocimiento donde los estudiantes sólo “*oyen*” pero no “*hacen*” no es un modo efectivo de aprendizaje, por el contrario es más probable “*olvidar*” en lugar de “*entender*” las cosas. En el siglo pasado, varios pedagogos teorizaron sobre la importancia de involucrar activamente a los estudiantes en sus propios procesos de aprendizaje a través de diversos enfoques educativos, mientras que otros como “*jugando es mi aprendizaje*” (Montessori), “*aprender es mi hacer integral*” (Killpatrick), y la motivación intrínseca de los estudiantes fueron aplicados. El aprendizaje por descubrimiento, aprender haciendo, aprendizaje experimental y el aprendizaje centrado en el estudiante son conceptos educativos que hacen énfasis en el papel activo que los estudiantes deben tener para que su motivación para aprender, el compromiso y el significado aumenten (De Graaff & Kolmos 2007).

A partir de estos conceptos y comprensiones, varios enfoques de aprendizaje, como el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL, acrónimo para *Problem-based learning* o en algunos casos *Project-based learning*), emergen en la última mitad del siglo en la educación superior. En el entorno del PBL, el aprendizaje de los estudiantes es activado e impulsado por problemas. Las primeras experiencias del PBL en educación superior comenzaron a finales de los años 60, en la Universidad de McMaster (1969, Canadá), Universidad de Roskilde (1972, Dinamarca), Universidad

de Aalborg (1974, Dinamarca) y en la Universidad de Maastricht (1974, Holanda). Estas universidades organizaron de diferentes maneras el proceso de aprendizaje entorno a los problemas. Por ejemplo, en las universidades de McMaster y Maastricht, el proceso de resolución de problemas se organiza en torno a casos, mientras que en las universidades de Roskilde y Aalborg es organizado en torno a proyectos. Sin embargo, las diferentes prácticas del PBL comparten los mismos principios fundamentales del aprendizaje y se esmeran por un ambiente de aprendizaje más centrado en el estudiante y contextualizado, basado en la relación entre la teoría y la práctica (Borrows & Tamblyn 1980, Christensen 2004, Kolmos et al. 2009).

En el PBL, el aprendizaje inicia con un problema real y mal estructurado. El problema es el que impulsa y contextualiza el proceso de aprendizaje. Además, el proceso de aprendizaje se basa en la experiencia de los estudiantes, aumentando su motivación y participación en el aprendizaje. Los estudiantes son responsables de la construcción de su propio conocimiento y desarrollo cognitivo. El PBL se basa en las teorías más progresistas de la psicología cognitiva y del aprendizaje tales como el aprendizaje constructivista, contextual y experimental (Borrows & Tamblyn 1980, Biggs & Tang 2011, Savin-Baden & Howell 2004, Kolmos et al. 2009).

Este capítulo aborda el PBL definiendo los principios de aprendizaje, la organización curricular y la variación de modelos producto de la contextualización dada a la teoría y la práctica. Por consiguiente, tres secciones organizan el capítulo. La sección 1, titulada “*Definiendo los problemas en el aprendizaje basado en problemas*”, presenta el rol de los problemas y el tipo de problemas capaces de involucrar y fomentar el aprendizaje de los estudiantes. La sección 2, titulada “*Aprendizaje mediante la resolución de problemas*” brevemente discute sobre las teorías de la psicología cognitiva y el aprendizaje y como definen el PBL. La última sección, titulada “*Organizando el currículo en torno a problemas*”, se refiere a los elementos curriculares del PBL, su organización y los diferentes modelos desarrollados.

1.1 Definiendo los problemas en el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL)

El diccionario define el problema como “*una situación, persona o cosa que necesita atención y necesita ser tratada o resuelta*” (Cambridge 2017). A través de nuestras

vidas, nos encontramos en situaciones que identifican problemas potenciales, los cuales necesitan de nuestra atención y requieren ser resueltos. Pueden ser problemas simples o problemas más complejos, demandando más tiempo, recursos y compromiso para ser resueltos. Un problema puede ser definido con una pregunta, a menudo originada por un fenómeno observado (es decir una situación, evento, persona o cosa), entre como son las cosas (estado actual del ser) y como deben ser (camino idealizado o hipotetizado del ser). Causan contrastes, conflictos, contradicciones, estrés, frustración, tristeza y/o indignación, que impulsan a las personas a actuar para cambiar su estado actual. Los problemas también pueden definirse a partir de posibilidades inexploradas de una situación u objeto que conducen a la innovación (por ejemplo el caso del desarrollo del ABS en los automóviles o las gafas de Google) (Borrows & Tamblyn 1980, Qvist 2004, Jonassen 2011). En un ambiente PBL, el proceso de aprendizaje inicia con estudiantes siendo reconocidos e involucrados con las posibles situaciones que se problematizan, analizan y comprenden, de la cual un problema es formulado. Con el fin de cambiar una situación definida como problemática, los estudiantes necesitan comprender lo que se observa, qué es, cómo, dónde y cuándo puede ser cambiada. Estos son ejemplos de preguntas que ayudan a deconstruir e identificar los elementos de la situación problemática. Estos procesos cognitivos encierran la movilización del conocimiento previo, comprensión del conocimiento, análisis, que culmina en la formulación de un problema normalmente en la forma de una pregunta a resolver Savin-Baden & Howell (2004), Qvist (2004), Jonassen (2011). Karl Popper (mencionado en Christensen (2004)) distingue dos tipos de problemas: prácticos y teóricos. Los problemas prácticos son definidos a partir de situaciones que influyen nuestra condición de vida, las cuales son percibidas como equivocadas, malas o insatisfechas. La situación puede ser social, personal, y/o técnica e inmediata para hacer cambios en el mundo real. Los problemas teóricos existen cuando nos preguntamos sobre el carácter o trasfondo de la situación. Los problemas varían; pueden ser resueltos a través de una simple ecuación matemática, o ser más complejos como problemas sociales tales como erradicar la pobreza. Diferentes tipos de problemas también encierran diferentes tipos de aprendizaje y tareas cognitivas, categorizadas por Savin-Baden & Howell (2004) y Jonassen (2011). En dicha categorización se destaca la importancia de combinar el aprendizaje con situaciones de la vida real, especialmente si tienen algún impacto real en las personas. Los problemas complejos de la vida real, por ejemplo enfrentar

el desafío de la sostenibilidad, requiere de una combinación de problemas teóricos y prácticos, y también, diferentes características del problema que entran en juego.

Jonassen (2011) identifica cinco tipos de características principales de situaciones problemáticas: mal estructurados, contextualizados, complejos, dinámicos y específicamente dominante. Estas características son presentadas como continuas, de problemas no estructurados a bien estructurados; de problemas contextualizados a abstractos; de simples a complejos; de estáticos a dinámicos; de dominio específico a generales. Están también interconectados, por ejemplo, un problema poco estructurado es más complejo, requiere mayor dominio del conocimiento, inicia en lo contextual y conduce a diferentes tareas y estrategias cognitivas para ser desarrolladas a lo largo del análisis del problema, desarrollo y evaluación de la solución. Note que estas características también reflejan los principios de aprendizaje del PBL. Por ejemplo, para problemas poco estructurados, el conocimiento requerido para analizar y comprender la situación va más allá de los límites del dominio disciplinar hacia el conocimiento interdisciplinario, o bien, el contexto, real y situado, corresponde a los principios del aprendizaje contextual. Las características dominantes de los problemas en un programa académico reflejan a menudo la disciplina así como el desarrollo social. Por ejemplo, la rápida producción del conocimiento y los avances tecnológicos pueden dar lugar a problemas de la ingeniería hacia la práctica profesional. Por otro lado, los desafíos sociales exigen características del contexto, que aportan nuevas dimensiones a los objetivos de aprendizaje más allá del conocimiento tecnológico.

El problema es un aspecto central del entorno PBL, por lo tanto diferentes modelos PBL y organización curricular toman en consideración los tipos de problemas diseñados. Retomamos la relación entre el tipo de problemas y la organización curricular en la tercera sección de este artículo.

1.2 Aprendizaje mediante la resolución de problemas

De acuerdo con Illeris (2004, 2007), el aprendizaje implica un cambio de estado (por ejemplo antes y después un proceso de aprendizaje toma lugar); implica procesos mentales individuales que conducen al cambio; e interaccionan entre el entorno individual y social, son condiciones previas para el aprendizaje. Además, el apren-

dizaje de los estudiantes no está ausente de los sentimientos y las emociones, se extrae de las experiencias individuales. Similar a la definición de aprendizaje de [De Graaff & Kolmos \(2003, 2007\)](#) quienes argumentan tres dimensiones: cognitiva, de contenido y colaborativa, que no sólo reflejan las dimensiones sociales, cognitivas y afectivas del aprendizaje, sino que también agrupan los principios básicos del PBL. En esta sección, se definen los principios de aprendizaje del PBL usando el marco teórico de [De Graaff & Kolmos \(2003, 2007\)](#).

1.2.1 Dimensión cognitiva

La dimensión cognitiva se refiere a principios tales como: orientación del problema, organización del proyecto, aprendizaje experimental y aprendizaje contextual. La orientación del problema fue discutida en la sección anterior, mientras que la organización del proyecto será tratada a continuación como parte de la organización curricular en torno a problemas. Aquí abordamos el aprendizaje contextual y el aprendizaje experiencial como parte de la definición del PBL.

Aprendizaje contextual y el desarrollo de un aprendizaje más profundo

El PBL propende por el uso de situaciones reales como punto de partida para el aprendizaje, en la que los estudiantes movilizan el conocimiento previo y construyen nuevos conocimientos para resolver problemas [Kolmos et al. \(2009\)](#). En el PBL, los contextos reales son traídos a la educación, y los contextos deben ser útiles y concretos para los estudiantes. En estos contextos, los estudiantes desarrollan un enfoque más profundo y estratégico del aprendizaje que se caracteriza por la intención de entender; interacciones con el contenido; relaciones entre las nuevas ideas y el conocimiento previo; relaciones entre conceptos y experiencias cotidianas; gestión del tiempo, etc. Estos son ejemplos de tareas cognitivas complejas que van más allá de memorizar y reproducir conocimientos ([Biggs & Tang 2011](#), [Savin-Baden & Howell 2004](#)).

Mirando a la educación como un medio de prepararse para la vida, profesionalmente y socialmente, es importante que el conocimiento teórico aprendido adquiera significado en y para diferentes contextos ([Weinbaum & Rogers 1995](#)).

De acuerdo con [Dolmans et al. \(2005\)](#), la situación en la cual el conocimiento es construido determina su uso. Además, también permite a los estudiantes transferirlo y aplicarlo a nuevas situaciones o contextos de aprendizaje. Aprender a través de problemas reales y auténticos potenciará esto y educará a mejores profesionales ([Litchfield et al. 2010](#)). [Johnson \(2002\)](#) describe ocho características para el aprendizaje contextual:

- Hace conexiones que tienen significado
- Aprendizaje autónomo
- Hacer un trabajo importante
- Colaboración
- Pensamiento crítico y colaborativo
- Nutrir al individuo
- Alcanzar altos estándares
- Uso de una evaluación auténtica

Las anteriores características se vinculan con varias competencias y habilidades señaladas en la literatura como "desarrolladas" cuando el aprendizaje es iniciado por problemas ([Biggs & Tang 2011](#), [Savin-Baden & Howell 2004](#)).

Aprendizaje experiencial y el aprendizaje significativo

Con base en el trabajo de [Dewey \(1997, 1999\)](#), las experiencias juegan un papel importante en el proceso de aprendizaje para crear un significado en los estudiantes. Aquí, se hace énfasis en las experiencias para la educación de calidad en oposición a las experiencias cotidianas y su uso en el lenguaje actual ([Dewey 1997](#), [Illeris 2004](#)).

El aprendizaje también incluye la creación de significados y el entendimiento personal del mundo basado en el individuo y las interacciones. Una vez más, [De Graaff & Kolmos \(2003\)](#) destacan el papel activo de los estudiantes y el papel del entorno como el lugar para actuar. El PBL provee estas condiciones en el proceso de aprendizaje como un participante dirigido ([De Graaff & Kolmos 2003](#), [Dolmans et al. 2005](#)). Los estudiantes lideran el proceso de aprendizaje y toman las decisiones a lo largo del proceso, apropiando elementos de experiencias previas, modificándolos e integrándolos en su trabajo. A su vez, las experiencias presentes constituyen las

bases para las futuras. Este es el principio de continuidad del aprendizaje experiencial. El concepto de continuidad implica la interconexión de diferentes experiencias a lo largo del tiempo, y criterios para distinguir las experiencias educativas buenas de las malas. Cada experiencia es una fuerza en movimiento; impulsa a los estudiantes a navegar en “*aguas desconocidas*”. Despierta curiosidad, fuerzas, iniciativas y propósitos. El aprendizaje experiencial apunta al empoderamiento de los estudiantes y eleva los niveles de motivación en el aprendizaje.

Kolb (1984) presentó un modelo de aprendizaje cíclico, enfatizando el papel de la continuidad en el proceso de aprendizaje. El ciclo de aprendizaje de Kolb incluye cuatro etapas que incluyen diferentes tareas cognitivas y niveles de abstracción de los alumnos. Estas etapas conducen a la construcción de cuatro tipos de conocimientos (divergente, asimilativo, convergente, acomodativo) resultantes de las interacciones de cuatro dimensiones (experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa). Estas dimensiones y su interacción con los diferentes tipos de conocimiento generado, permiten el diseño de diferentes actividades de aprendizaje y entornos en los que los estudiantes involucren diferentes tipos de razonamiento (por ejemplo deductivo e inductivo) y por lo tanto, diferentes experiencias de aprendizaje y construcción del conocimiento.

Además del principio de continuidad, Dewey (1997) también señala el principio de interacción como la interacción entre los estudiantes y la así llamada situación en el entorno (es decir, los contextos donde se desarrolla el aprendizaje). En el enfoque PBL, estas situaciones plantean la posibilidad para que los estudiantes problematizen, identifiquen y formulen problemas reales y auténticos.

En resumen, el PBL plantea entornos de aprendizaje y contextos donde los estudiantes basan el aprendizaje en sus propias experiencias e interacciones con su entorno, promoviendo un aprendizaje significativo, aprendizaje profundo, propio, motivado y participativo en el proceso de aprendizaje.

1.2.2 Dimensión del contenido

El enfoque del contenido se refiere especialmente al aprendizaje ejemplar, al aprendizaje interdisciplinario y a la relación entre la teoría y práctica.

Aprendizaje ejemplar y la capacidad para transferir habilidades

El aprendizaje ejemplar aparece en varias teorías de aprendizaje de filósofos alemanes (por ejemplo Kant, Negt, Klafki) vinculados con el aprendizaje organizado por proyectos, en comparación con referencias casi inexistentes en cuanto al estudio de casos y la educación médica (De Graaff & Kolmos 2003, Holgaard et al. 2006, Illeris 2007, Christensen 2004). El concepto de aprendizaje ejemplar está alineado con los principios del aprendizaje experiencial (Illeris 2007) y desarrolla en los estudiantes la habilidad para transferir el conocimiento y la resolución de problemas de un proceso/área a otro (De Graaff & Kolmos 2003).

De Graaff & Kolmos (2003) definen la práctica ejemplar como:

una práctica ejemplar se ocupa de asegurar que los beneficios obtenidos por el estudiante sean ejemplares en términos de los objetivos. Este es un principio central, ya que el estudiante debe adquirir una comprensión más profunda del problema complejo seleccionado. Sin embargo, existe un riesgo inherente con el PBL de que no se proporcione un panorama suficientemente amplio del área temática. Por lo tanto, los estudiantes deben adquirir la habilidad de transferir conocimiento, teoría y métodos de áreas de aprendizaje previas a otras nuevas.

Al participar activamente en la formulación de un problema y en la resolución de procesos, la participación de los estudiantes en actividades de aprendizaje pueden servir como experiencias de aprendizaje específicas. Mediante la reflexión y generalización de estas experiencias concretas, los estudiantes alcanzan una comprensión más amplia y más general de cómo los problemas relevantes pueden ser formulados y resueltos en su propio campo de estudio. En este sentido, las habilidades de identificar, analizar y formular un problema se convierten en una habilidad transferible, es decir, los estudiantes aplican un enfoque similar para formular nuevos problemas dentro de sus disciplinas específicas de estudio (Pedersen 2008).

En resumen, la relevancia del aprendizaje ejemplar como un principio de aprendizaje del PBL radica en la posibilidad de que los estudiantes hagan generalizaciones de cómo transferir y generar nuevos conocimientos y habilidades (por ejemplo, el aprendizaje autónomo) cuando se enfrentan a nuevas situaciones problemáticas que requieren de habilidades metacognitivas complejas para el proceso de análisis o solución de problemas. Estos pueden ser dentro o fuera de los límites disciplinarios que llevan a los estudiantes a lidiar con situaciones complejas e impre-

decibles, pero también a hacer valiosos juicios basados en el contexto y los valores sociales (De Graaff & Kolmos 2003, Holgaard et al. 2006, Kolmos et al. 2009).

Aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo del razonamiento entre disciplinas

Los estudiantes construyen conocimiento dentro de uno o más dominios disciplinares a través de un proceso de aprendizaje. El proceso de aprendizaje involucra diferentes tareas cognitivas necesarias para adquirir, entender, usar y generar información. Diferentes teorías de aprendizaje traen diferentes explicaciones y puntos de vista, sobre cómo los estudiantes adquieren e integran la nueva información en sus estructuras cognitivas existentes (Illeris 2007). Los objetivos de aprendizaje del currículo o los resultados de aprendizaje previstos son declaraciones que describen el nivel de razonamiento en el cual los estudiantes deben estar operando el conocimiento que deben adquirir y constituyen los criterios de evaluación. El currículo tradicional en ingeniería se compartimenta y desconecta de la práctica real, mientras que el conocimiento se mantiene dentro de los límites disciplinarios y se imparte a través de cursos basados en clases. Sin embargo, los ingenieros pasan la mayor parte de su práctica profesional manejando y resolviendo problemas prácticos. Aunque el conocimiento especializado en ingeniería es crucial para la práctica de ingeniería, otros tipos de conocimientos también son importantes a considerar para los futuros ingenieros. Entre ellos se incluye el conocimiento interdisciplinario (Shepard et al. 2009).

De acuerdo con De Graaff & Kolmos (2003), el aprendizaje interdisciplinario "se relaciona con la orientación al problema y los procesos dirigidos al participante, en el sentido de que la solución del problema puede extenderse más allá de los límites y métodos tradicionales relacionados con el sujeto", y constituyen principios importantes a la hora de organizar el currículo, definiendo los objetivos de aprendizaje dentro del sujeto y el tipo de problemas a resolver.

Relación entre la teoría y la práctica

Uno de los factores para la práctica del PBL en los años 70 fue proporcionar a los estudiantes la posibilidad de reflejar el entorno profesional y desarrollar simultáneamente habilidades profesionales y académicas en su educación. Sin embargo, hasta

cierto punto, la necesidad de recién graduados con habilidades profesionales "*listas para usar*" ha influido en cierta medida la forma en que se han organizado los entornos PBL. Como ejemplo, en la educación en ingeniería con PBL se trabaja con problemas mal definidos organizados alrededor de proyectos. En el aprendizaje organizado por proyectos, los estudiantes se presentan con situaciones problemáticas más amplias y abiertas que requieren análisis y comprensión. Al resolver los problemas, los estudiantes se movilizan y aplican los conocimientos teóricos y las metodologías de investigación para practicar con el fin de llegar a una solución (Kolmos et al. 2009).

En resumen, en un entorno PBL, la práctica profesional se contextualiza a través del uso de problemas reales y se convierte en parte de las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. También desarrolla habilidades y competencias tales como el análisis y la resolución de problemas, comunicación, colaboración, etc., muy cercanas a lo que se experimenta realmente en el ambiente de trabajo (Kolmos et al. 2009, Guerra & Kolmos 2011).

1.2.3 Dimensión Colaborativa

Un problema poco estructurado solo requiere del diálogo, pero en el PBL se desarrolla en pequeños grupos de estudiantes, ofreciendo posibilidades de consenso y estrecha colaboración. En estos grupos, las bases del aprendizaje colaborativo son las experiencias de los estudiantes, por ejemplo, asumen diferentes funciones dentro del grupo y desarrollan competencias tales como liderazgo, comunicación, trabajo en equipo, gestión y enfrentar la diversidad (Savin-Baden & Howell 2004, Savin-Baden & Wilkie 2004). En esta sección se resumen los principios del aprendizaje colaborativo, aprendizaje entre pares (es decir, basado en el equipo) y el aprendizaje orientado al participante.

Aprendizaje colaborativo y entre pares

El aprendizaje colaborativo es algo más que solo unirse y trabajar para lograr ciertas metas u objetivos establecidos, es también un medio para estructurar la interdependencia (Topping 2005). En el PBL, el aprendizaje ocurre entre pares y mediante

la colaboración que promueve el desarrollo de competencias relacionadas con el aprendizaje autónomo y el aprendizaje a lo largo de la vida. También aumenta la calidad de la experiencia en el aprendizaje que conduce a una mayor motivación y autoestima (Savin-Baden & Howell 2004).

Boud et al. (1999) define el aprendizaje entre pares como el "*uso de estrategias de enseñanza y aprendizaje en las que los estudiantes aprenden entre sí sin la intervención inmediata de un profesor*". Aquí, el facilitador se pone "*en segundo plano*", actuando como observador, recurso y mediador del proceso de aprendizaje de los estudiantes. El aprendizaje entre pares es considerado por los mismos autores como el aprendizaje recíproco de pares cuando los estudiantes asumen ambos papeles de profesores y estudiantes, ayudando y soportando entre la igualdad de grupos sociales similares (Boud et al. 1999, Topping 2005, Papinczak et al. 2007). Los estudiantes deben participar en actividades que apoyan el proceso de aprendizaje de otros y promover la reflexión y autoevaluación de sus propios conocimientos (Topping 2005, Papinczak et al. 2007). Por ejemplo, al apoyar el aprendizaje mutuo, los estudiantes desarrollan tareas cognitivas tales como:

- Reflexión sobre los propios conocimientos mediante el seguimiento, detección, diagnóstico y corrección de conceptos erróneos y las necesidades de nuevos conocimientos.
- Conocimiento de habilidades, estilos de aprendizaje y preferencias que apuntan a identificar las debilidades y fortalezas.
- Desarrollar habilidades de comunicación que expliquen los conceptos de otros, además de principios y teorías que transforman pensamientos en lenguaje.

En resumen, el aprendizaje colaborativo y por pares desarrolla el pensamiento crítico y el aprendizaje autónomo, pero también el trabajo en equipo y las habilidades de comunicación.

Aprendizaje dirigido por el participante y desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo.

Los estudiantes son participantes activos en las decisiones de grupo y en los procesos de aprendizaje, incluyendo la construcción de una identidad y sentido de pertenencia en una comunidad de práctica. En un entorno de aprendizaje colaborativo,

los estudiantes configuran sus identidades a través de la creación y la negociación del significado hacia el mundo (Wenger 1998, Illeris 2004, 2007).

Además, constituye un entorno para desarrollar habilidades de auto dirección. El aprendizaje autónomo, también llamado aprendizaje autorregulado, depende de la habilidad de los estudiantes para regular y gobernar su propio aprendizaje. El aprendizaje autónomo es por sí mismo un resultado de aprendizaje complejo. Encierra varias tareas cognitivas operando simultáneamente tales como:

- Diagnosticar las necesidades de aprendizaje, formular objetivos de aprendizaje e identificar las fuentes de aprendizaje.
- Crear estrategias para aprender nuevos conocimientos.
- Desarrollar conocimientos sobre las propias preferencias y estilos de aprendizaje.
- Reflexionar y evaluar la apropiación de los nuevos conocimientos.

Los estudiantes autónomos también desarrollan un alto nivel de motivación para alcanzar estándares más altos, y desafían las fronteras y los límites tradicionales para el aprendizaje. El entorno de aprendizaje PBL permite a los estudiantes convertirse en aprendices independientes, que es la base para el aprendizaje permanente. Los estudiantes reconocen sus propias preferencias y estilos de aprendizaje y aprenden "*cómo aprender*"

1.3 Organizando el currículo en torno a problemas

Un entorno PBL es un entorno de aprendizaje complejo y dinámico con actores (por ejemplo, estudiantes y personal administrativo), estructuras (por ejemplo, el currículo y las instalaciones) y los marcos (por ejemplo la evaluación). Las prácticas del PBL se observan en diferentes áreas de la educación, pero también en diferentes contextos, países y culturas. Diferentes modelos del PBL han surgido como resultado de la investigación y las prácticas, compartiendo los mismos principios de aprendizaje y una visión hacia el cambio, los diferentes modelos tienen diferentes implicaciones en la construcción del currículo. En esta sección se presenta un marco adecuado para organizar el currículo en torno a los problemas. Nos centramos en el plan de estudios de ingeniería en lugar de otras áreas de educación profesional.

En un currículo PBL, el proceso de resolución de problemas y, en consecuencia, el proceso de aprendizaje, puede organizarse de diferentes maneras. Inevitablemente, el tipo de problemas, el tiempo asignado para resolver el proceso, los recursos proporcionados, etc., afectan la forma en que el currículo está diseñado y organizado en torno a los problemas. Por ejemplo, en un modelo híbrido de PBL, los cursos son vistos como recursos para que los estudiantes recopilen y accedan a los conocimientos relevantes para movilizarse y usarlos en el proceso de resolución de problemas (Du et al. 2009).

Kolmos et al. (2009) proporciona un enfoque sistemático e integrador con respecto a un cambio curricular hacia el entorno PBL, utilizando los elementos clave que componen la práctica curricular tales como:

- Objetivos y conocimiento
- Tipos de problemas, proyectos y clases
- Progresión, tamaño y duración
- Aprendizaje de los estudiantes
- Personal académico y facilitación
- Espacios y organización
- evaluación

Los anteriores elementos del currículo pueden alinearse con los principios del PBL presentados en este capítulo.

El cambio curricular hacia el PBL permite, por ejemplo, que los estudiantes y el personal asuman nuevas funciones, nuevas responsabilidades en el proceso de aprendizaje; y nuevos tipos de recursos y maneras de apoyar el proceso de resolución de problemas (por ejemplo, como relacionar las clases con el proceso de resolución de problemas), etc.

1.4 Observaciones Finales

La revisión literaria sobre el Aprendizaje Basado en Problemas (*PBL*) fue organizada y presentada de acuerdo con los principios de aprendizaje que caracterizan este enfoque de aprendizaje y lo hacen innovador. El PBL está lejos de ser un enfoque simple y reduccionista del aprendizaje, ya que aporta una nueva visión a los

procesos de aprendizaje y a la calidad de los resultados. Los procesos de aprendizaje están organizados e impulsados por problemas que involucran dimensiones cognitivas, sociales y emocionales. El PBL se basa en el aprendizaje contextual y experiencial, junto con los principios de aprendizaje autónomo y colaborativo. Los principios mencionados fomentan el desarrollo de habilidades de razonamiento de orden superior (por ejemplo, aprendizaje metacognitivo e interdisciplinario), pensamiento crítico, aprendizaje a lo largo de la vida, habilidades para el análisis y la resolución de problemas, capaces de ser transferidos y aplicados en nuevos contextos de aprendizaje. Sin embargo, los resultados de aprendizaje dependen del tipo de escenarios de problema y sus características. El PBL es considerado una de las metodologías de aprendizaje más adecuadas para abordar los desafíos planteados a la educación en ingeniería y la educación para el desarrollo sostenible (EDS por sus siglas en inglés), debido a sus dimensiones de aprendizaje, complejidad y resultados.

Esperamos que este capítulo provea los conocimientos básicos sobre los principios y marcos de referencia para diseñar e implementar un currículo PBL en la educación de ingenieros. No esperamos proporcionar recetas para el cambio curricular, sino más bien una comprensión de la teoría del PBL. Este capítulo es seguido por casos de diferentes países de América Latina donde el lector puede relacionar como la teoría y los principios del PBL se construyen bajo diferentes modelos y prácticas.

Por último y no menos importante, esperamos que este libro provea una base y guía para el cambio curricular en la educación en ingeniería de América Latina.

Referencias

- Biggs, J. & Tang, C. (2011), *Teaching for Quality Learning at University: what the student does*, 2nd edn, Society for Research into Higher Education & Open University Press.
- Borrows, H. & Tamblyn, R. (1980), *Problem-Based Learning: An approach to medical education*, Springer Publishing Company.
- Boud, D., Cohen, R. & Sampson, J. (1999), 'Peer learning and assessment', *Assessment and Evaluation in Higher Education* **24**(4), 413–426.

- Christensen, J. (2004), *Reflections on Problem-Based Learning*, Aalborg University Press, chapter The Aalborg PBL model - Progress, Diversity and Challenges, pp. 93–105.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2003), 'Characteristics of problem based learning', *International Journal of Engineering Education* **19**(5), 657–662.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2007), *Management of Change: Implementation of Problem-Based and Project-Based learning in engineering*, Sense Publisher, chapter History of Problem Based and Project Based Learning, pp. 1–8.
- Dewey, J. (1997), *Experience and Education*, Touchstone.
- Dewey, J. (1999), *How we think*, D.C. Heath & Co. Publishers.
- Dolmans, D., Grave, W., Wolfhagen, I. & Van der Vleuten, C. (2005), 'Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research', *Medical Education* **39**, 732–741.
- Du, X., De Graaff, E. & Kolmos, A. (2009), *Research on PBL Practice in Engineering Education*, Sense Publisher.
- Guerra, A. & Kolmos, A. (2011), *PBL across the disciplines: research into best practice*, Aalborg University Press, chapter Comparing Problem Based Learning models: Suggestions for their implementation, pp. 3–17.
- Holgaard, J., Bøgelund, P., Kolmos, A. & Dahms, M. (2006), *Engineering Science, Skills and Bildung*, Aalborg University Press, chapter Masters of Science as Change Masters, pp. 187–207.
- Illeris, K. (2004), *The three dimensions of learning*, 2nd edn, Roskilde University Press.
- Illeris, K. (2007), *How we learn: Learning and non-learning in school and beyond*, Taylor and Francis Group.
- Johnson, E. (2002), *Contextual Teaching and Learning: What It Is and Why It's Here to Stay*, Sage Publications.
- Jonassen, D. (2011), *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*, Taylor & Francis Group.
- Kolb, D. (1984), *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Prentice-Hall.
- Kolmos, A., De Graaff, E. & Xiangyun, D. (2009), *Research on PBL practice in Engineering Education*, Sense Publisher, chapter Diversity of PBL: PBL learning principles and models, pp. 9–21.

- Litchfield, A., Frawley, J. & Nettleton, S. (2010), 'Contextualising and integrating into the curriculum the learning and teaching of work-ready professional graduate attributes', *Higher Education Research and Development* **29**(5), 519–534.
- Papinczak, T., Young, L. & Groves, M. (2007), 'Peer assessment in problem-based learning: A qualitative study', *Advances in Health Sciences Education* (12), 169–186.
- Pedersen, K. (2008), *Problem-oriented Project work – a workbook*, Roskilde University Press.
- Cambridge Press (2017), 'Cambridge online dictionaries'.
URL: <http://dictionary.cambridge.org/>
- Qvist, P. (2004), *The Aalborg PBL model - Progress, Diversity and Challenges*, Aalborg University Press, chapter Defining the problem in Problem-Based Learning, pp. 77–92.
- Savin-Baden, M. & Howell, C. (2004), *Foundations of Problem Based Learning*, McGraw-Hill Education.
- Savin-Baden, M. & Wilkie, K. (2004), *Challenging research in problem-based learning*, McGraw-Hill Education.
- Shepard, S., Macantagay, K., Colby, a. & Sullivan, W. (2009), *Educating Engineers: Designing for the future of the field*, The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Topping, K. (2005), 'Trends in peer learning', *Educational Psychology* **25**(6), 631–645.
- Weinbaum, A. & Rogers, A. (n.d.), 'Contextual learning: A critical aspect of school-to-work transition programs'.
- Wenger, E. (1998), *Communities of Practice: Learning, meaning, and identity*, Cambridge University Press.

AFILIACIONES

Aida Guerra

Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability under the auspices of UNESCO

Aalborg University, Denmark

e-mail: ag@plan.aau.dk

Fernando Rodríguez-Mesa

Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

e-mail: fjrodriguezm@unal.edu.co

Fabián Andrés González

Universidad del Valle, Cali, Colombia

e-mail: gonzalez.fabian@correounivalle.edu.co

Parte II

Panorama de prácticas PBL
en Latinoamérica

Capítulo 2

Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Dianne M. Viana, Carla Koike, Flávio de B. Vidal, Thiago Doca e Antônio M. D. Henriques

Resumo Além das competências relacionadas ao planejamento e à gestão da execução do projeto, a literatura indica que a aprendizagem baseada em projetos (*PjBL*) facilita o desenvolvimento de competências transversais como a capacidade de comunicação oral e escrita, capacidade de trabalhar em equipe, a capacidade de adquirir conhecimento nas várias áreas relacionadas ao tema de estudo. Neste trabalho é apresentado o modelo implementado na Faculdade de Tecnologia, da Universidade de Brasília (*UnB*), no Brasil, em cursos pré-existentis, sem alterações nos currículos destes, mas previstos em seus projetos pedagógicos. Foram denominados “*Projetos Integradores*”, ou seja, projetos interdisciplinares que visam a integração de conhecimentos para a solução de um problema real. Com base nesse modelo é descrita uma aplicação realizada no curso de Engenharia Mecânica.

2.1 Introdução

No Brasil, discussões têm sido motivadas no sentido de realizar mudanças na formação dos futuros engenheiros para que adquirissem, além da capacidade técnica, gerencial e humanística e das atitudes comportamentais necessárias, capacidade de aprendizagem continuada e uma preocupação com uma visão internacional sem perder a dimensão dos problemas sociais, ambientais e econômicos, regionais e locais.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Em cursos de engenharia mais recentes da Universidade de Brasília (*UnB*) - criados após as mudanças de Diretrizes Curriculares ([MEC 2002](#)) - os currículos são mais flexíveis e já contemplam conteúdos e direcionamentos para este fim. Em cursos já consolidados antes de 2002, as mudanças têm sido mais lentas, pois as componentes curriculares são mais rígidas, a maioria destas ações é de caráter restrito, com resultados pouco efetivos.

Como realizar uma intervenção em um currículo de engenharia sequencial e pouco flexível de tal forma que se mantenha sintonizado com os novos paradigmas da educação global? Uma possível resposta a esta pergunta, pode ser o emprego de métodos de aprendizagem baseada em projetos ou PjBL (*Project based learning*).

Essa abordagem envolve situações-problemas realistas nas quais os problemas são geralmente mal definidos e aspectos não técnicos são necessários à solução. Deste modo, é possível a construção de ambientes de desenvolvimento de projetos para relacionar conteúdos interdisciplinares de forma integrada. Enquanto atitudes são requeridas para a execução do projeto, habilidades e competências são criadas e trabalhadas.

Além disso, existem indícios de que a interdisciplinaridade pode ser uma ferramenta valiosa na formação de engenheiros para enfrentar os desafios modernos em aspectos sociais, ambientais e tecnológicos ([Stozhko Natalia et al. 2015](#), [Richter & Paretti 2009](#)).

No entanto, a implementação da PjBL em um currículo de engenharia é ainda um processo complexo. Alguns importantes aspectos a serem considerados no processo de implementação são tanto o modelo usado, quanto o currículo e o projeto a ser implementado, além dos aspectos comportamentais dos estudantes e facilitadores. Finalmente, não é possível deixar de considerar aspectos como recursos disponíveis e carga de trabalho ([Hung 2011](#)).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um modelo de PjBL implementado na Faculdade de Tecnologia da UnB para integração de conhecimentos em currículos pré-existent. Não obstante, cabe observar que tal implementação não implicou em mudanças estruturais ou de conteúdos nos referidos currículos.

Partindo desta contextualização, este manuscrito é organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentado o modelo PjBL básico, utilizando como referência os cursos com topologia tradicional. Para a Seção 3 descreve-se o processo de implementação, a partir de seus conceitos fundamentais, do projeto integrador. Na Seção 4

é apresentada uma aplicação recente da abordagem PjBL no curso de Engenharia Mecânica, e uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados alcançados nessa aplicação. E por último, na Seção 5 são apresentadas as considerações finais e propostas futuras para as atividades e projetos aqui apresentados.

2.2 Descrição do Modelo PjBL Básico nos Cursos de Topologia Tradicional

Em 2006, na Faculdade de Tecnologia, foram discutidas propostas para implantação de projetos de síntese e integração de conhecimentos - Projetos Integradores - na forma de atividades do tipo PjBL para complementar a formação profissional. A primeira experiência nesse sentido foi realizada por um grupo de professores em 2007 e envolveu estudantes de quatro disciplinas do curso de Engenharia Mecânica: Estática (*3o. semestre*), Dinâmica (*4o. semestre*), Mecânica dos Materiais (*5o. semestre*) e Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos (*7o. semestre*). O diagnóstico da primeira experiência motivou o estudo e elaboração de um procedimento por [Santana \(2009\)](#), inspirado nos trabalhos desenvolvidos na Universidade do Minho ([Lima Rui M. et al. 2007](#), [Fernandes et al. 2007](#)).

As experiências seguintes foram realizadas a partir de adaptações dessa metodologia para permitir a sua replicação em cursos de matriz curricular pouco flexível.

A base de conhecimentos para o desenvolvimento do projeto é oportunizada por um grupo de disciplinas, definidas de acordo com o tema de projeto e denominadas “*disciplinas-base*”. Destarte, a depender do tema, quaisquer disciplinas podem ser disciplinas-base, exceto aquelas ofertadas no último ano, uma vez que os estudantes já desenvolvem um projeto de síntese e integração de conhecimentos nesse ano, obrigatório para diplomação.

Os resultados do projeto contribuem de alguma forma para o resultado final de cada uma das disciplinas-base de acordo com o plano de curso proposto pelo professor responsável.

O Projeto Integrador é efetivado por meio de outra disciplina, no caso optativa, de responsabilidade compartilhada com todos os professores envolvidos no projeto, interligando as disciplinas anteriores (Figura 2.1).

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Os professores participam na orientação, supervisão e avaliação das atividades - um dos quais poderá atuar como coordenador geral - e os estudantes participam como executores dos projetos, organizados em equipes.

É possível realizar mais de um Projeto Integrador ao longo do curso. No curso de Engenharia Mecânica, por exemplo são previstas atualmente duas oportunidades por meio das disciplinas optativas Projeto Integrador 1 e Projeto Integrador 2.

2.2.1 Definição do tema de projeto

A definição do tema é realizada pelos professores que se dispõem a participar do Projeto Integrador, no semestre anterior à execução da atividade, por ocasião do planejamento da oferta das disciplinas. Os mesmos professores sugerem as disciplinas-base. Quando o projeto envolve conhecimentos de outras áreas é feito o convite para que professores dessas áreas de interesse também integrem o projeto. A adesão é voluntária e o tema é adaptado para abranger as propostas pedagógicas das disciplinas-base que farão parte da atividade

Na Seção 3.2 são apresentados os temas praticados de 2007 a 2010 e as respectivas disciplinas-base.

2.2.2 Metodologia

A metodologia adotada usa conceitos de projetos, incluindo o ciclo de desenvolvimento de trabalho, estruturação de documentação, identificação das regras e responsabilidades, apoiados por ferramentas de comunicação e de controle e acompanhamento de projetos ([Santana 2009](#)).

O Projeto Integrador é executado em três etapas: pré-projeto, projeto e pós-projeto, conforme apresentado na Figura [2.2](#).

A etapa pré-projeto é executada antes do início do semestre letivo pelos professores e consiste na definição dos recursos necessários à implementação do projeto de engenharia escolhido.

Na etapa projeto, o problema proposto é executado pelas equipes durante o semestre, em aproximadamente 15 semanas. Os estudantes, monitores e os pro-

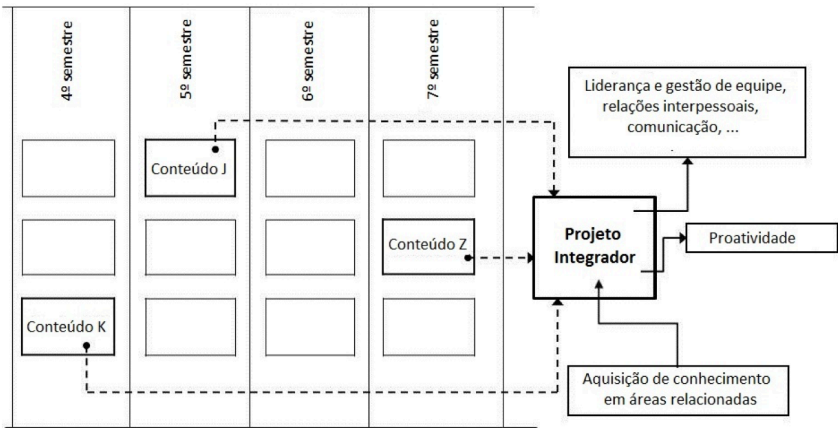


Fig. 2.1: Esquema exemplificando a abrangência do Projeto Integrador na matriz curricular de um curso.

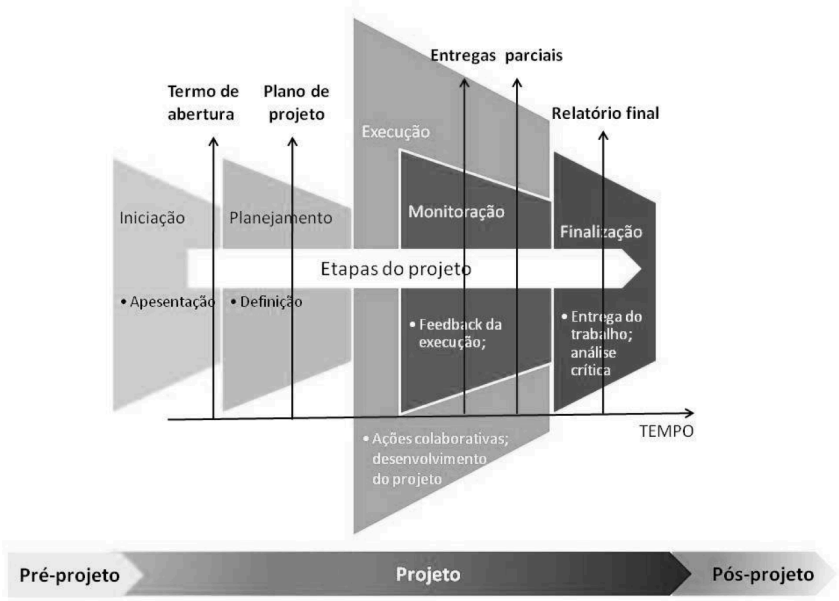


Fig. 2.2: Esquema do processo de projeto e as entregas. Adaptado de Romano (2006).

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

fessores fazem parte dessa etapa, que é subdividida em cinco subetapas com objetivos definidos para um melhor controle: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoração e Finalização.

Durante o desenvolvimento do projeto os estudantes são avaliados pelas entregas realizadas e recebem o feedback quanto à evolução do trabalho em pontos de controle, geralmente quatro: (i) apresentação da proposta de projeto, (ii) monitoramento 1, (iii) monitoramento 2, (iv) apresentação dos resultados. Ao final, são avaliados: o produto (*relatório e/ ou protótipo*), o processo de implementação do produto e o trabalho colaborativo.

Na etapa pós-projeto são efetuadas reflexões acerca do processo, dos sucessos e fracassos e das experiências adquiridas durante a realização do projeto. A etapa Iniciação do projeto está relacionada a atividades básicas, que são: apresentação da proposta e metodologia de trabalho, divisão e organização dos grupos de projeto e realização de palestras sobre gerenciamento de projetos. É nessa fase que o Plano de Ação é apresentado aos alunos. No Plano de Ação constam a justificativa do tema proposto, os objetivos, as disciplinas envolvidas e sua relação com o tema proposto, as situações problema e as datas dos principais eventos e prazos de entregas de documentos. O Termo de Concordância (*regras de condutas estabelecidas por cada grupo*), e o Termo de Abertura (*informações gerais sobre o projeto, entregas e atribuições do grupo*) são definidos e escritos por cada equipe. Essa fase tem duração de três semanas.

Na etapa Planejamento, as equipes preparam o documento Plano de Projeto, que contém informações sobre definições, preparação, integração e coordenação de atividades que serão necessárias ao projeto. Durante esta etapa são ministradas, conforme a necessidade, palestras sobre ferramentas de controle, monitoramento e gerenciamento de projetos. Esta etapa dura duas semanas.

Durante a etapa Execução do projeto, os grupos buscam atingir os objetivos por eles definidos no Plano de Projeto, o que envolve a coordenação do trabalho, de pessoas e de recursos disponíveis. Esta fase tem duração de nove semanas.

A etapa Monitoração consiste na verificação e acompanhamento do projeto que foi realizado até aquele momento, com base no que foi proposto por cada grupo em seu Plano de Projeto. Esta etapa permite identificar problemas e auxiliar os estudantes com medidas de correção, sem, no entanto, dar soluções para o projeto. Os encontros, em geral dois, fazem parte dos Pontos de Controle. Esta etapa dura 9

semanas a partir da etapa Planejamento, finalizando juntamente com a etapa Execução.

Na Finalização é apresentado o resultado final do projeto e entregue um relatório técnico. Nessa fase é realizada uma avaliação criteriosa pelos professores envolvidos no projeto, considerando resultados individuais e do grupo. São avaliados o produto, o processo de implementação do produto e o trabalho colaborativo. Esta fase dura uma semana.

Informações adicionais sobre os documentos, instrumentos, ferramentas de apoio e as atribuições de professores e estudantes em cada etapa do processo podem ser encontradas em [Viana D.M et al. \(2011\)](#).

2.2.3 Avaliação

A nota atribuída ao aluno consiste em uma média ponderada conforme a Equação 1:

$$NF = (0,1 \times AI) + (0,4 \times AC) + (0,5 \times PF) \quad (2.1)$$

As avaliações individuais (*AI*), avaliações coletivas (*AC*) e pareceres finais dos professores (*PF*) dizem respeito às tarefas atribuídas aos estudantes durante o desenvolvimento do projeto detalhadas na Tabela 2.2.

Nas avaliações individuais é considerado um sistema binário em que cada atividade ou recurso, ou cada remessa, é pontuada com graus 0 ou 10, não sendo permitidas entregas atrasadas, em relação às acordadas no Plano de Ação e no Plano do Projeto.

Os elementos considerados nas avaliações coletivas e pareceres finais dos projetos estão relacionados com aspectos internos do trabalho em equipe como a criatividade e originalidade, organização de atividades, comunicação oral e escrita, comportamento profissional, e sua viabilidade técnica, econômica, social e ambiental. É verificada a evolução dos aspectos mencionados, levantada nos Pontos de Controle, na apresentação final, e nos formulários entregues durante o processo, tendo por base a avaliação da equipe, a autoavaliação do estudante e a avaliação dos pares.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

O parecer final do professor é uma média das pontuações de todos os professores envolvidos no processo (*um dos professores deve ser designado para avaliar apenas os aspectos não técnicos*).

2.3 Processo de Implementação do Modelo PjBL

A implementação foi desenvolvida segundo abordagem do tipo bottom-up: a análise da experiência inicial realizada por um grupo de professores motivou a realização de uma pesquisa-ação e definiu procedimentos que foram replicados em diferentes projetos e equipes e adaptados ao longo do tempo. Resultados dessa pesquisa inicial podem ser encontrados em [Santana \(2009\)](#).

Realizar uma aplicação utilizando o modelo proposto requer uma equipe de pelo menos três professores e que um deles tenha participado de uma experiência anterior. A participação dos professores é voluntária. Não há exigência de capacitação ou treinamento prévio. Por outro lado, são necessárias reuniões para alinhar a forma de orientação e avaliação de resultados, a necessidade de recursos adicionais.

2.3.1 Disciplinas e concessão de créditos

No Brasil os cursos de engenharia possuem carga horária mínima de 3600 horas e cada crédito corresponde a 15 horas.

Na Universidade de Brasília as disciplinas de graduação podem ser de quatro tipos: obrigatórias, optativas, de módulo livre e de extensão. Os cursos de Engenharia em geral são formados por cerca de 75% de créditos de disciplinas obrigatórias, até 10% de disciplinas de módulo livre e o restante de créditos de disciplinas optativas e créditos de extensão, sendo que os critérios para integralização de créditos de extensão são definidos por cada curso.

As disciplinas profissionalizantes específicas em geral são disciplinas optativas. Tendo em vista o caráter de representação de situações reais dos projetos integradores, os temas têm sido propostos por meio de disciplinas optativas Projeto Integrador 1 e Projeto Integrador 2, criadas especialmente para viabilizar a abordagem PjBL.

A disciplina Projeto Integrador 1 é ofertada semestralmente e a disciplina Projeto Integrador 2 anualmente. Como já mencionado anteriormente, a escolha das disciplinas-base é feita a partir do tema de projeto proposto por ocasião do planejamento da oferta de disciplinas. Todos os professores envolvidos nas disciplinas-base participam da organização do plano pedagógico para a aplicação da abordagem PjBL.

Pode ser ofertado mais de um tema de projeto por semestre, nesse caso as disciplinas Projeto Integrador 1 ou 2 podem ter mais de uma turma.

2.3.2 Fases de Implementação

Três fases de implementação podem ser definidas com base na abrangência dos projetos. O esquema do modelo básico, dentro de um mesmo curso, mostrado na Figura 2.1 foi aplicado de forma experimental de 2007 a 2009 e define a fase 1 (Tabela 2.1) com projetos de duração de um semestre letivo.

A partir de 2009 até 2011, é definida a fase 2 de experimentação: as disciplinas-base perdem a importância em função da abrangência de mais cursos (Tabela 2.2). Os conhecimentos necessários à sua execução são mais amplos e também dependem da inter-relação entre as áreas de engenharia. Nesse caso os projetos podem durar dois semestres letivos.

A partir de 2011, começa a ser definida a fase 3: experimentações cujos temas dos projetos favorecem a inter-relação entre diferentes campos de conhecimento.

As experimentações da fase 3 ainda não foram completamente consolidadas. Cada qual foi realizada em uma única equipe com um número restrito de vagas ofertadas.

Esse processo de implementação apresentado por fases foi necessário para o ganho de experiência dos docentes envolvidos. A partir de 2011 o procedimento têm sido replicado para as duas dimensões consolidadas nas fases 1 e 2.

Em se tratando de diferentes projetos, as três fases podem ocorrer simultaneamente envolvendo disciplinas de um mesmo curso, desde que não sejam disciplinas do mesmo semestre letivo.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Tabela 2.1: Resumo das intervenções realizadas durante as experimentações da fase 1.

Semestre	Disciplinas Envolvidas	Tema do Projecto	Alunos
01/2007	Estática	Brinquedos para parque de diversões	120
	Dinâmica		
01/2007	Mecânica dos materiais Sistemas hidráulicos e pneumáticos		
02/2007	Termodinâmica	Motor stirling	72
	Projeto de sistemas mecânicos		
01/2008	Projeto de máquinas	Prensa de forjamento a quente	68
	Termodinâmica		
02/2008	Dinâmica	Separador de grãos para produtos agrícolas	53
	Termodinâmica		
	Sistemas hidráulicos e pneumáticos		
01/2009	Projeto de Máquinas	Bomba d'água para cisternas	
	Termodinâmica		
01/2009	Projeto de máquinas Maquinas Térmicas	Compressor CNG para abastecimento a gás	80

Fonte: Os Autores

2.3.3 Projetos da Fase 3 de Implementação do PjBL

São projetos caracterizados por uma forte interdisciplinaridade e requerem uma abordagem adequada no que diz respeito à integração da equipe e aos fatores que afetam o sucesso do projeto, tais como: o grau de conhecimento técnico especializado, os recursos financeiros disponíveis e o tempo requerido para a finalização. Uma característica comum a estes projetos é a duração superior a um ano (Figura 2.3).

Tabela 2.2: Resumo das intervenções realizadas durante as experimentações da fase 2.

Semestre	Disciplinas Envolvidas	Tema do Projecto	Alunos
02/2009	Projeto de Máquinas	Máquina para ensaio de fretting	20
	Mecânica dos Materiais		
	Dinâmica	Robô Modular	23
	Sistemas Reconfiguráveis		
01/2010	Dinâmica	Robô Modular	20
	Sistemas Reconfiguráveis		
	Projeto de Máquinas	Veículo Elétrico	23
	Máquinas Elétricas		
02/2010	Conversão de Energia	Veículo Elétrico	30
	Projeto de Máquinas		
	Máquinas Elétricas		

Fonte: Os Autores

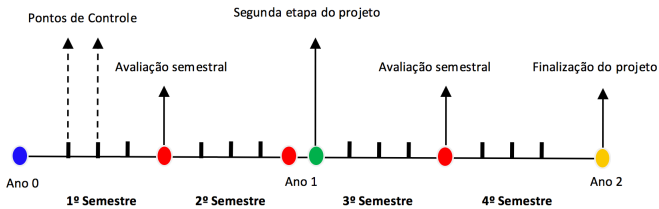


Fig. 2.3: Linha do tempo de um projeto "Fase 3". Os traços são os pontos de controle, as marcações vermelhas definem avaliações semestrais e as demais marcações definem início, meio e fim do projeto.

São iniciados como os projetos já mencionados e após dois semestres apoiados por disciplinas são continuados como projetos de extensão (*não mais apoiados por disciplinas*) , são citados: (i) Projeto Ciclar: Desenvolvimento de um veículo elétrico para apoio a centro de coleta seletiva (Viana D.M. et al. 2012); (ii) Projeto Cacotecnia: Desenvolvimento de um personagem robótico em uma instalação artís-

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

tica (Gomes et al. 2016); (iii) Projeto Erekó: Desenvolvimento de um robô modular bioinspirado para busca em escombros (Viana D.M. et al. 2016).

Nesse caso, as situações-problemas são definidas a partir de demandas internas da Universidade, ou demandas externas, de instituições públicas ou privadas e envolve captação prévia de recursos financeiros.

Durante o primeiro ano, no primeiro semestre é utilizada a disciplina Projeto Integrador 1, no segundo semestre, a disciplina Projeto Integrador 2. No segundo ano de execução, o projeto é cadastrado como extensão universitária.

Avaliações semestrais são realizadas pelos professores participantes para verificar se as metas estabelecidas para a etapa foram alcançadas e quais os ajustes necessários nas metas para a próxima etapa. Ao final do ano é elaborado um relatório acerca dos resultados alcançados no projeto e prestação de contas referentes aos recursos financeiros.

2.4 Aplicação da Abordagem PjBL no Curso de Engenharia Mecânica (Fase 1)

A aplicação é considerada "de fase 1" porque envolve somente disciplinas-base de um mesmo curso - Engenharia Mecânica - e duração de um semestre letivo.

2.4.1 Tema: Máquinas de Elevação e Transporte

O tema foi desenvolvido dentro do curso de Engenharia Mecânica no primeiro semestre de 2016 e envolveu três disciplinas-base de diferentes semestres, "*Projeto de Máquinas 1*", "*Projeto de Máquinas 2*" e "*Máquinas de Elevação e Transporte*", de quatro créditos obrigatórios cada uma. Cada disciplina já previa o desenvolvimento de um projeto como instrumento de aprendizagem em seu escopo, no entanto a abordagem conjunta permite a visão sistêmica, pouco vivenciada durante o curso.

Na fase de pré-projeto os professores definiram os critérios para realização da atividade. Nesse caso em particular, foram escolhidos projetos diferentes para cada

equipe baseados em casos reais, com a contribuição de 20% da nota na avaliação das disciplinas envolvidas e participação opcional dos estudantes.

A proposta de uso da abordagem PjBL foi apresentada por cada professor em sala de aula e uma ficha de solicitação de inscrição foi distribuída para que os estudantes interessados confirmassem a participação.

Os alunos das três disciplinas que participaram do projeto foram matriculados nessa quarta disciplina, "*Projeto Integrador 1*", optativa, de dois créditos, a qual interligaria as três disciplinas, provendo um horário específico para o acompanhamento concomitante. Na Tabela 2.3 são indicadas as disciplinas envolvidas e o número de participantes, assim como os objetivos de aprendizagem de cada uma.

Tendo em vista os objetivos de aprendizagem, os estudantes de Projeto de Máquinas 1, dentre outras atividades definidas pela equipe, deveriam dimensionar os sistemas de redução, os estudantes de Projetos de Máquinas 2, as uniões soldadas e aparafusadas e a seleção dos demais elementos relacionados ao conteúdo dessa disciplina e os estudantes da disciplina Máquinas de Elevação e Transporte deveriam levantar as normas relacionadas aos equipamentos, definir os parâmetros de projeto com base nas normas e gerenciar o projeto.

Na primeira reunião conjunta, foram apresentados os objetivos de aprendizagem e a metodologia, e indicado o uso do sistema Moodle para repositório dos documentos relacionados à atividade e entrega de tarefas.

As situações-problemas, apresentadas na Tabela 2.4, foram definidas pelos professores participantes. Devido o tempo reduzido para o planejamento dessa aplicação não foram previstas visitas aos locais de referência.

Com base no número de estudantes matriculados na disciplina Projeto Integrador 1 foram divididas as equipes, um total de 6, cada uma com 11 integrantes, por sistema de sorteio e apresentadas as situações-problemas, também por sorteio. A divisão em seis grupos permitiu a participação de todos no mesmo dia, no mesmo ponto de controle e um número de 3 ou 4 participantes por disciplina de origem.

Nesta experiência, em particular, não foi incluído o recurso de palestras de apoio mencionado na **Seção 2.2**, uma vez que os próprios professores participantes forneceram as instruções e material de apoio por meio da plataforma virtual Moodle.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Tabela 2.3: Objetivos de aprendizagem das disciplinas envolvidas.

Disciplina	Particip. / Total de alunos	Objetivos de Aprendizagem	Semestre
Projeto de Máquinas 1	20/40	Introduzir o projeto mecânico com base no dimensionamento e/ou seleção dos elementos de máquinas: Transmissões rígidas, transmissões flexíveis.	6o
Projeto de Máquinas 2	21/40	Introduzir o projeto mecânico com base no dimensionamento e/ou seleção dos elementos de máquinas: mancais de deslizamento; uniões, elementos flexíveis, transmissões por atrito.	7o
Máquinas de Elevação e Transporte	25/25	Conhecer, sistematizar e especificar os principais tipos de máquinas de elevação e transporte e seus constituintes, com base nas normas vigentes.	8o
Projeto Integrador 1	66/105	Solucionar problemas por meio da execução de um projeto; adquirir visão sistêmica; trabalhar em equipe; gerir o projeto; comunicar-se nas formas oral e escrita.	6o, 7o, 8o

Fonte: Os Autores

A atividade foi realizada em 16 semanas de acordo com o modelo de abordagem PjBL apresentado, com 3 pontos de controle para apresentações e feedbacks da execução do projeto e dois encontros para as apresentações finais.

Tabela 2.4: Situações-problemas.

Problemas	Requisitos	Origem
1. Alocação de toras de madeira de lei em carretas de dois eixos	Aplicação externa. Considerar o máximo de volume de carga possível. Carretas de dois eixos utilizam um cavalo mecânico de 2 eixos e um semirreboque com 3 eixos. Possui peso bruto máximo de 41,50 t e comprimento máximo de 18,15 m.	Caso hipotético. Baseado em casos similares em campos de extração de madeira nobre no estado do Pará.
2. Transporte de lingotes de alumínio em uma siderúrgica	Aplicação interna. O sistema de elevação deve ser capaz de sustentar 10 lingotes de alumínio, com dimensões [1,20 x 0,02 x 0,02] m, enquanto o sistema transversal e longitudinal deverá acomodar a carga em uma área de [8,00 x 8,00] m.	Caso hipotético. É uma etapa comum em usinas siderúrgicas.
3. Posicionamento de containers em carretas de três eixos	Aplicação externa. O sistema deve ser capaz de sustentar a carga do contêiner. Carretas de dois eixos utilizam um cavalo mecânico simples e um semirreboque com 2 eixos. O peso bruto máximo é de 33,00 t e comprimento máximo de 18,15 m.	Situação real. Porto Seco Centro Oeste S/A em Anápolis-GO.
4. Manutenção da aeronave Embraer 190 (E190)	Aplicação interna. O sistema de elevação deve ser capaz de sustentar uma turbina da aeronave especificada. O sistema de translação deverá movimentar a turbina uma distância de pelo menos 2,00 m de distância do ponto de montagem.	Situação real. Hangar de manutenção da AVIANCA em Guarulhos-SP.
5. Transporte de bobinas de aço laminado	Aplicação interna. O sistema de elevação deve ser capaz de sustentar uma placa de aço bobinada, de [1,00 x 20,00 x 0,01] m. O sistema de translação deverá ser capaz de alocar a carga em um pátio industrial de dimensões [10,00 x 20,00 x 10,00] m.	Situação real. Galpão da empresa GRAVIA no SIA, Brasília-DF.
6. Carregamento de cilindros de GLP em veículos	Aplicação externa. A carga será alocada em um Veículo Urbano de Carga (VUC). O veículo deve respeitar as seguintes características: largura máxima de 2,20 m; comprimento máximo de 6,30 m e limite de emissão de poluentes.	Caso hipotético. Baseado em demandas de pequenas empresas de distribuição de botijão de gás.

Fonte: Os Autores

2.4.2 Resultados obtidos na avaliação da aplicação do método PjBL

As equipes resolveram os problemas propostos no prazo e com sucesso. A Equação 1 foi utilizada para cômputo das notas individuais que variaram entre 6,3 e 8,4 (escala de 0 a 10), sendo que, 83% dessas notas foram acima de 7,0. Ganhos relativos a contextualização e integração dos conhecimentos teóricos para a solução dos problemas foram relatados nos questionários de avaliação distribuídos no final da experiência. Mesmo dificuldades relacionadas à gestão de pessoas e organização da equipe foram consideradas como experiências positivas de aprendizado, evidenciadas nas questões abertas desses documentos.

Análise quantitativa aplicada aos questionários de avaliação

Na literatura envolvendo a avaliação de resultados da implantação de métodos PjBL, é muito comum fazer o uso de aplicação de questionários orientados para obter as informações necessárias sobre a evolução e metas atingidas pela iniciativa. Entretanto, de acordo com [Harmer & Stokes \(2014\)](#), para um domínio restrito e baixa quantidade de respondentes, a análise desses resultados é de pouca significância, impossibilitando a sua validação. O processo de avaliação quantitativa dos dados permite corroborar os resultados obtidos.

Para a aplicação da abordagem nos projetos de Máquinas de Elevação e Transporte, devido à uma quantidade significativa da amostra avaliada, foi possível a realização da análise quantitativa. Especialmente neste projeto, foi realizada a metodologia de avaliação por questionário direcionado, em dois momentos específicos da realização do projeto: no primeiro (*apresentação da proposta*) e no quarto (*apresentação final*) pontos de controle.

O questionário utilizado na avaliação era formado por três partes, em que as questões abordadas na primeira parte fazem a avaliação da equipe e, na segunda parte, a autoavaliação do respondente. Na parte de avaliação da equipe, o questionário é composto de 19 (*dezenove*) itens de avaliação e, na parte de autoavaliação, o questionário é composto de 13 (*treze*) itens de avaliação. A terceira parte era constituída por questões abertas. O questionário utilizou como escala de valores na resposta dos itens os seguintes valores qualitativos do item avaliado: Concorda

muito fortemente, Concorda fortemente, Concorda, Discorda, Discorda fortemente e Discorda muito fortemente. Esta escala de valores foi transformada quantitativamente em valores atribuídos aos pontos avaliados no questionário. A parte referente às questões abertas foram divididas em pontos positivos e negativos, respeitando o significado da concordância em cada item mediante a resposta do avaliado. Ainda, havia um espaço para a opinião do aluno quanto à importância do projeto para o seu aprendizado. Algumas opiniões foram sintetizadas no final desta seção.

Caracterizado o universo de análise, 62 (*sessenta e dois*) alunos respondentes, bem como o questionário, efetivou-se a apuração a partir das respostas coletadas em cada um dos dois momentos de avaliação, e antes de qualquer análise realizou-se o teste α de Cronbach, elaborado por L. J. Cronbach ([Monteiro-Hora et al. 2010](#)), com a finalidade de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa de avaliação. Basicamente o valor de α obtido no processamento das respostas mede a correlação entre a média das respostas em um questionário. O valor do coeficiente α é calculado a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma dos itens de cada avaliador de todos os itens a partir da mesma escala de medição.

Com o intuito de avaliar esta confiabilidade nas respostas, optou-se pela análise via Teste α para as duas partes do questionário aplicado (*avaliação do grupo e autoavaliação*), realizando também em separado o teste para as respostas obtidas na etapa inicial e final do projeto. Os índices dos testes são apresentados na Tabela 2.5.

De acordo com o apresentado por [Monteiro-Hora et al. \(2010\)](#), para valores do Teste α superiores a 0,7 pode se afirmar que, segundo os resultados obtidos na Tabela 2.7, o conjunto de respostas obtidos em todas as fases e partes avaliadas do questionário tem elevado grau de confiabilidade, podendo assim ser utilizadas como instrumento de avaliação para o projeto em questão.

Finalizada a etapa de análise de confiabilidade dos dados, passa-se a avaliação das respostas obtidas, utilizando como referência a escala dos dados proposta. Os dados foram divididos em duas categorias: aspectos positivos e aspectos negativos percebidos pelos respondentes. Estas categorias são apresentadas em valores percentuais nas Tabelas 2.6 e 2.7, nas quais, as designações G1 a G6 correspondem às equipes.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

Tabela 2.5: Resultados do Teste α nos questionários para a avaliação da confiabilidade das respostas.

Questionários	Etapa Inicial	Etapa Final
Avaliação em Grupo	0,901	0,944
Autoavaliação	0,984	0,958

Fonte: Os Autores

Tabela 2.6: Resultados dos itens categorizados como Pontos Positivos do Projeto.

Aspectos Positivos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Total	Total %
Experiência de projeto	9	10	3	7	6	6	41	33.06
Trabalho em equipe	7	6	2	7	5	7	34	27.42
Aprendizado técnico	10	6	3	7	2	2	30	24.19
Interdisciplinaridade	1	3	3	3	1	1	12	9.68
Outros	2	0	3	0	1	1	7	5.65

Fonte: Os Autores

Os principais aspectos positivos identificados nas respostas dos estudantes foram: (i) a experiência de ter participado de um projeto integrador; (ii) o trabalho em equipe; (iii) o aprendizado técnico e a (iv) a interdisciplinaridade. Outros aspectos positivos levantados foram: aumento de interesse pelo curso, satisfação pessoal, comunicação, autoconhecimento.

Por outro lado, as principais dificuldades apontadas nas respostas dos estudantes foram: (i) pouco tempo para desenvolver o projeto; (ii) poucos créditos da disciplina Projeto Integrador 1 em função das horas trabalhadas (iii) o grande número de estudantes nas equipes; (iv) Pouco auxílio dos professores participantes. Outros aspectos negativos mencionados foram: estudo autônomo, dependência entre as matérias, falta de base, diferenças entre os projetos, problemas mal definidos.

As principais dificuldades apontadas são relacionadas. O projeto consiste em um conjunto de problemas com várias soluções possíveis, parâmetros altamente depen-

Tabela 2.7: Resultados dos itens categorizados como Pontos Negativos do Projeto.

Aspectos Negativos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Total	Total %
Pouco Tempo	11	3	5	4	3	6	32	25.00
Poucos Créditos	4	8	2	6	8	1	29	22.66
Tamanho do grupo	4	4	5	10	4	2	29	22.66
Pouco Auxílio do professores	1	2	2	2	2	3	12	9.38
Outros	4	6	2	0	0	5	17	13.28
Falta de clareza no objetivo	0	6	1	0	0	2	9	7.03

Fonte: Os Autores

dentes de decisões, o que resulta em complexidade. As informações devem ser compartilhados entre todos, para que as tarefas sejam exequíveis, então a comunicação precisa ser eficiente. O grande número de participantes é um complicador que requer um esforço inicial de organização. Os professores atuam mais com feedbacks, o que requer trabalho realizado antes pelos estudantes.

A opinião dos estudantes

Dos 62 respondentes, 34 responderam a terceira parte do questionário, referente as questões abertas. A seguir, as respostas quando solicitada a opinião quanto à importância do projeto em seu aprendizado:

"Foi uma excelente iniciativa (...). Acredito que saber lidar com outras pessoas, conflitos, trabalhar em grupo e ter o primeiro contato com projeto foi o mais importante para o aprendizado (...)."

"O projeto agregou muito conhecimento para mim, que era o líder. Estratégia para resolver problemas, comunicação e comprometimento foram fundamentais. Porém é extremamente difícil fazer todos os membros se envolverem. É preciso ter paciência com o andar do projeto."

"O projeto foi muito importante pois mostrou minha deficiência em transformar elementos em sistemas (...). Vi que liderança e cobrança são essenciais para que uma organização gere resultados."

"Uma experiência real de projeto."

"Desenvolvi habilidades de pesquisa própria."

"Além do aprendizado de lidar com problemas, muitos, que surgiram durante o projeto e o exercício de seguir normas para o dimensionamento, o auge de aprendizado foi o feedback no final das apresentações."

A experiência de aprendizagem através de projetos, de acordo com os próprios alunos envolvidos, ofereceu ganhos em termos de planejamento, análise e relacionamento, e aspectos como comunicação e liderança foram muito importantes para o desenvolvimento e execução dos projetos. Isso pode ser explicado pelo fato dos grupos terem sido grandes, o que resultou em um esforço para organização e execução das tarefas inerentes ao projeto. Outra questão levantada pelos entrevistados considerava a falta de interesse por parte de alguns participantes. Um grande problema quando se faz o trabalho em grupo é certificar-se de que todos os membros trabalham e produzem de forma igual. Muitos acabam desmotivados e não se dedicam o suficiente para o projeto e, em consequência, pode ser difícil para a equipe obter bons resultados.

2.5 Considerações Finais

Alguns aspectos da aprendizagem baseada em projetos foram apresentados como alternativa para integrar conhecimentos e trabalhar habilidades e competências necessárias no âmbito profissional e pouco exploradas durante a formação do engenheiro.

Outrossim, o modelo se mostrou adequado para implementação sem alterações importantes no currículo. Foram criadas duas disciplinas optativas no curso de En-

genharia Mecânica que também podem atender outros cursos. Dessa forma não há aumento de créditos a serem integralizados para diplomação.

Dentro do proposto, verificou-se que, de um modo geral, os estudantes percebem a importância do projeto para o seu futuro profissional, por meio de experiências que propiciam o desenvolvimento de competências transversais relacionadas ao trabalho em equipe, o gerenciamento de conflitos, a realização de tarefas em prazos determinados e a tomada de decisão para a concretização do projeto. Nesse sentido, pode-se constatar que a cada semestre letivo de execução do Projeto Integrador, a abordagem PjBL se firma como um instrumento válido e valioso para a formação.

As principais dificuldades relatadas pelos estudantes foram consideradas. Há uma grande dependência entre as três disciplinas-base e as tarefas e os tempos precisam ser bem coordenados para o desenvolvimento adequado do projeto. Tendo isso em mente, a experiência com as mesmas disciplinas-base será repetida no primeiro semestre de 2017, sofrerá alterações no número de créditos, de encontros e de integrantes na equipe.

A cada proposta de projeto procura-se envolver novos docentes, de forma a criar uma cultura prática da abordagem PjBL. Mas, para isso é necessário o empenho na prospecção de problemas reais de interesse coletivo que constituam fontes de temas interessantes e motivadores e também a busca de fontes financiadoras que possibilitem a manufatura de protótipos.

Mudar um método de ensino pode ser complicado e, nesse caso específico, por não ser uma atividade obrigatória, demanda uma estrutura não presente na instituição e requer o trabalho compartilhado, balanceado e horários concorrentes para sua execução, tanto por parte dos professores quanto dos estudantes.

Por fim, desafios surgem quando se trata de modificar sistemas já consolidados de qualquer natureza e esta realidade não é diferente na implementação de um novo modelo de ensino-aprendizagem.

Referencias

Fernandes, S., Flores, M. A. & Lima, R. (2007), Project-led education in engineering: Monitoring and assessing the learning process, *in* L. Szentirmai & T. G.

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

- Szarka, eds, 'Proceedings of SEFI and IGIP Joint Annual Conference,' , University of Miskolc, , Miskolc: University of Miskolc, pp. 1–10.
- Gomes, J. G., Ferreira, F. O., Gaspar, G. G., Paiva, A. L. G., Oliveira, P. H. M., Souza, N. C. A., Zamboni, J. G., Viana, D. M. ., Gomes J.G., Ferreira F.O., Gaspar G.G., Paiva A.L.G., Oliveira P.H.M., Souza N.C.A., Zamboni, J. G. & Viana, D. M. . (2016), *Cooperação interdisciplinar em Projetos de Arte Robótica,, in 'Proceedings of the Fifth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education,' , University of Minho, Guimarães.*
- Harmer, N. & Stokes, A. (2014), The benefits and challenges of project-based learning: A review of the literature, *in 'Pedagogic Research Institute and Observatory (PedRIO) with Plymouth University, 34 pp.'*, Pedagogic Research Institute and Observatory (PedRIO), p. 34.
- Hung, W., Woei, H. & Hung, W. (2011), 'Theory to reality: A few issues in implementing problem-based learning', *Educational Technology Research and Development* **59**(4), 529–552.
- Lima Rui M., Carvalho Dinis, Flores Maria, A. & Hattum-Janssen, N. V. (2007), 'A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions', *European Journal of Engineering Education* **32**(3), 337–347.
- MEC, M. d. E. (2002), 'Diretrizes curriculares nacionais dos cursos de graduação em engenharia, Resolução CNE/CES, Brasil.'
- Monteiro-Hora, H. R., Monteiro, G. T. R. & Arica, J. (2010), 'Confiabilidade em questionários para qualidade: um estudo com o coeficiente alfa de Cronbach', *Produto & Produção* **11**(2), 85–103.
- Richter, D. M. & Paretti, M. C. (2009), 'Identifying barriers to and outcomes of interdisciplinarity in the engineering classroom', *European Journal of Engineering Education*, **34**(1), 29–45.
- Romano, F. V. (2006), 'Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações', *Gestão & Tecnologia de Projetos* **1**(1), 23–46.
- Santana, A. C. (2009), Uma metodologia para a implantação da aprendizagem orientada por projetos, na engenharia, com foco nas competências transversais, Tese (doutorado), Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília.
- Stozhko Natalia, Bortnik Boris, Mironova Ludmila, Tchernysheva Albina & Podshivalova, E. (2015), 'Interdisciplinary project-based learning: technology for improving student cognition', *Research in Learning Technology* **23**(1), 27577.

- Viana D.M., Kalume A.C., Koike C.M.C., Vidal F.B., Zelenovski R., Veraldo Junior, L. G. & Botura, C. A. (2016), Desenvolvimento de competências para a inovação nos estudantes de engenharia por meio de projetos interdisciplinares, *in* ‘XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia’.
- Viana D.M., Maranhão A.C.K., Azevedo A.H., Shayani R.A., Garrossini, D. F., Abdalla Junior, H., Viana, D. M., Maranhão, A. C. K., de Azevedo, A. H., Shayani, R. A., Garrossini, D. F. & Abdalla Junior, H. (2012), Vivenciando a aprendizagem colaborativa em ambiente de desenvolvimento projeto: expectativas e dificuldades na construção de um veículo elétrico na Universidade de Brasília’, *in* ‘Proceedings of Project Approaches in Engineering Education’, São Paulo.
- Viana D.M, Silva M.F.S.E., Santana, A. C. & Abdalla, J. H. (2011), ‘Including Integrating Projects in Engineering Curricula’, *WSEAS-Transactions on Advances in Engineering Education* 8(3), 73–82.

AFILIAÇÃO

Dianne M. Viana

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade de Brasília, Brasil

e-mail: diannemv@unb.br

Carla M. C. C Koike

Departamento de Ciência da Computação

Universidade de Brasília, Brasil

e-mail: ckoike@unb.br

Flávio de B. Vidal

Departamento de Ciência da Computação

Universidade de Brasília, Brasil

e-mail: ckoike@unb.br

Thiago Doca

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade de Brasília, Brasil

2 Projetos interdisciplinares: promovendo a integração de conhecimentos

e-mail: diannemv@unb.br

Antônio M. D. Henriques

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade de Brasília, Brasil

e-mail: diannemv@unb.br

Capítulo 3

ABP desde las trincheras: un caso de estudio en la enseñanza de la Ingeniería de Sistemas

Maria Marta Sandoval Carvajal, Rita Cortés Chavarría, Elena Porras Piedra y Fulvio Lizano Madriz

Resumen Este trabajo describe la implementación de la filosofía ABP (Aprendizaje basado en problemas), desde una perspectiva *bottom-up*, en la Escuela de Informática de la Universidad Nacional (UNA), Costa Rica. La implementación inició de manera intuitiva en los cursos de Ingeniería de Sistemas y luego de un contacto con expertos en el tema, se formalizó su uso, que continúa evolucionando hasta la fecha. Las semejanzas de los principios del POPBL ([Lehmann et al. 2008](#)), por sus siglas en inglés, aprendizaje basado en problemas orientado a proyectos y las acciones semi-estructuradas que se implementaron desde el 2006, propiciaron el desarrollo de esta filosofía, para una propuesta y posterior implementación formal del ABP en la UNA, a partir del 2009. Durante la implementación fueron integradas, tanto las habilidades técnicas como las blandas, logrando con ello una buena práctica y un fuerte vínculo de colaboración con la industria. En este contexto, los estudiantes lideran técnicamente un proyecto de desarrollo de software en una empresa real con un problema real. Entre otras cosas, influyó la experiencia, la intuición y el compromiso de los docentes involucrados, así como la utilización de diferentes técnicas tales como; procesos de sensibilización, auto capacitación, análisis comparativos de la teoría y la práctica, junto con asesorías formales e informales. Para medir resultados y su impacto, como parte del proceso, se realizó una investigación con la participación de docentes, estudiantes, egresados y representantes de la industria. Los resultados del estudio indicaban que una iniciativa de implementación del ABP desde el nivel jerárquico más bajo, era percibida como una experiencia beneficiosa para los involucrados. Los principales planes y acciones futuras se relacionan con

el fortalecimiento de elementos ágiles, como son el marco de trabajo Scrum, más formación para docentes y una incorporación más activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Existen oportunidades de mejora y retos que desde las trincheras, en el nivel jerárquico más bajo de la organización, se deben enfrentar, pero también se ha demostrado que no solo fue posible la implementación bottom-up del ABP en la UNA, sino que se ha mejorado evolucionado y mantenido durante más de 10 años.

3.1 Introducción

La carrera de Ingeniería de Sistemas es impartida desde 1985 por la Escuela de Informática de la Universidad Nacional en Costa Rica, cuenta con una población aproximada de 1300 estudiantes. En 2006 una profesora innovadora tuvo la idea de fortalecer los cursos donde el aprendizaje se centrará en el estudiante y su formación considerará experiencias con casos reales y junto con un grupo de profesores que compartieron su visión, lograron implementar ese nuevo modelo.

El objetivo de este capítulo es dar a conocer el proceso de implementación de ABP en los cursos de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Costa Rica y sus resultados. Se describe la experiencia de implementar, fortalecer y evolucionar con el ABP adaptándose a marcos de trabajo ágiles en la implementación de Ingeniería de Software y aprovechando la mejora continua de las experiencias durante cada ciclo lectivo.

Se presenta en primera instancia la motivación que dio origen a implementar ABP en los cursos de Ingeniería de Sistemas, posteriormente se describen los elementos que lo conforman: estudiantes, objetivos, tipo de problema, organización, personal académico y cursos involucrados. Se mencionan además los retos, la forma de superarlos y se plantean finalmente las perspectivas futuras.

3.2 Motivación para la implementación del ABP como práctica pedagógica

La cátedra de Ingeniería de Sistemas de la UNA está conformada por 7 profesores y aproximadamente 125 estudiantes por ciclo, matriculados en los cursos de Ingeniería de Sistemas I, II y III.

La motivación para utilizar ABP fue identificar con un nombre formal el trabajo que se venía realizando desde el 2006. De forma intuitiva y sin principios pedagógicos aplicados de manera consciente, se renovó radicalmente el proceso de enseñanza aprendizaje, no sólo con relación a las actividades desarrolladas dentro y fuera del aula; sino con una filosofía y un cambio de esquemas mentales de los docentes, como son el aprendizaje centrado en los estudiantes y enfocado a problemas en situaciones reales.

El cuerpo docente se puso en contacto con expertos de la filosofía ABP de la Universidad de Aalborg, en Dinamarca, específicamente con una de sus variantes como lo es el aprendizaje basado en problemas orientado a proyectos, POPBL ([Lehmann et al. 2008](#)), por sus siglas en inglés *Project-Oriented Problem-Based Learning*. Además se empalmaron elementos de manera coherente para propiciar el cambio, por un lado contar con profesores con experiencia laboral en el país, por el otro, la necesidad de considerar aspectos concretos de aprendizaje en cuanto a la práctica y finalmente con vivencias reales de los estudiantes, durante el proceso de desarrollo de sistemas en un contexto real. Fueron sumamente notorias las semejanzas de los principios del POPBL y las acciones semiestructuradas que se implementaron en la cátedra, para consolidar una propuesta e implementar formalmente el ABP en la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, a partir del año 2009.

3.3 Descripción del modelo ABP, implementación y componentes curriculares

Los elementos metodológicos utilizados para lograr la implementación se resumen en: a) Definición de objetivos y conocimientos en las áreas de ingeniería de sistemas, administración de proyectos y habilidades blandas; b) definición de los tipos

de problemas con empresas reales; c) participación de profesores provenientes de la industria; d) nuevos criterios de supervisión; e) nuevos enfoques de aprendizaje de los estudiantes; f) variación en los criterios de evaluación a los estudiantes; g) realización de un estudio denominado “Análisis de impacto de los proyectos realizado por los estudiantes en los cursos de Ingeniería de Sistemas de la UNA” (Sandoval & Cortés 2014)

3.3.1 Objetivos y conocimiento

En la Figura 3.1, se muestran las principales consideraciones de los objetivos y el tipo de problema que apoyan el desarrollo de los cursos. En las secciones siguientes se abordan estos y otros componentes de forma más detallada.

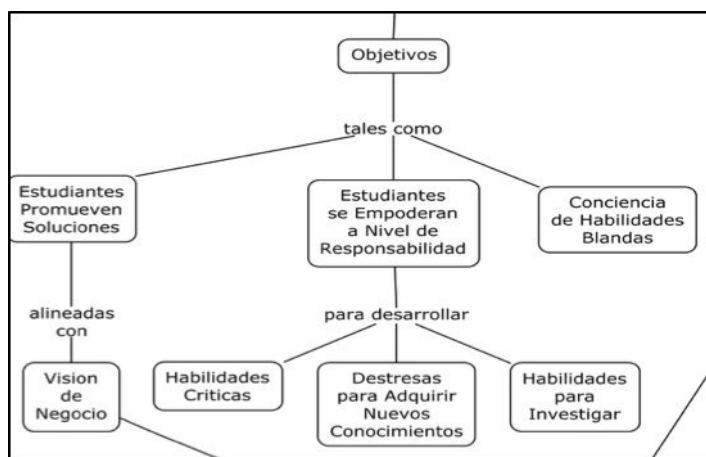


Fig. 3.1: El modelo ABP, objetivos y problema

El acercamiento a la industria se realiza con una estructura innovadora y de la cual no se han ubicado en la literatura casos similares, en donde se aborda uno o varios problemas durante el mismo curso (Branda 2001, Camacho 2010, Escribano 2008, Jones 2002, Kolmos & Graaff 2007, Nichols & Armstrong 2003). Para nuestro caso los estudiantes trabajan la solución del problema desarrollando una única

aplicación informática en una empresa durante tres cursos (Ingeniería I, II y III), con una duración de seis meses cada uno (Sandoval et al. 2015)

Específicamente el primer objetivo de los cursos de Ingeniería de Sistemas, es que los estudiantes puedan proponer soluciones informáticas alineadas con la visión del negocio, dónde diseñan una solución de calidad, basado en metodologías de desarrollo con fundamento en las mejores prácticas.

El segundo objetivo, es que el estudiante perciba como suya la responsabilidad de su aprendizaje, donde los profesores sean facilitadores y mentores, en el cual se promueven habilidades críticas y la destreza para la adquisición e investigación de nuevos conocimientos, con un razonamiento eficaz, creativo, flexible y concreto, para una problemática real (necesidad Informática) dentro de una empresa.

Otro de los objetivos es que el estudiante sea consciente de las habilidades blandas; tanto en el trabajo en equipo, como ayudar a fortalecer las relaciones interpersonales entre estudiantes, empresas y profesores.

3.3.2 Tipos de problemas, proyectos y cursos involucrados

El problema a resolver, consiste en apoyar a la industria por medio del desarrollo de un sistema de información, en situaciones como la falta de controles, soporte a procesos manuales, minimizar errores humanos, aumentar el rendimiento por medio de la automatización, inexactitud por obsolescencia de sistemas anteriores, aprovechar oportunidades de mejora a través de tecnologías de punta, entre otros.

Así las cosas los estudiantes se enfrentan al manejo de conflictos del equipo de trabajo y a la relación interpersonal con la empresa para determinar la regla de negocio, las necesidades de información y de procesamiento que deben ser resueltas mediante una solución informática, desarrollada, implementada y estabilizada al finalizar los tres cursos de ingeniería de sistemas.

Los proyectos consisten en llevar a cabo las actividades de la ingeniería de software, como son el perfil del proyecto, levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, construcción, pruebas e implementación de la aplicación.

Cada grupo de estudiantes se encuentra con un problema diferente debido al contexto o empresa en el cual se desarrolla, por ejemplo, la cultura organizacional, los usuarios, el tipo de sistema y el trabajo bajo presión. Como consecuencia las

situaciones a resolver no siempre son predecibles, ni la solución se puede presentar de manera estructurada ni completa; lo cual lleva al estudiante a investigar y buscar información, discutir y plantear soluciones.

Con respecto a los roles de los participantes, los estudiantes realizan el papel de ingenieros de sistemas, analizan, documentan, investigan, codifican realizan pruebas, igualmente de administradores de proyectos, desarrollan cronogramas, control de riesgos, minutas de reunión. Los representantes de las empresas participan como contraparte de usuario experto, conocedores de las reglas del negocio, igualmente proporcionan la infraestructura tecnológica para el desarrollo e implementación de la aplicación.

Los profesores realizan funciones de docencia relacionadas con evaluaciones de los productos desarrollados y otros aspectos de los cursos, funciones de supervisión apoyando los tiempos de entrega, la gestión de riesgos, la calidad de los productos y como tutores orientan a través de preguntas en aquellas situaciones que van observando en los seguimientos que motivan a nuevas investigaciones por parte del estudiante para profundizar en el problema y la solución.

En el proceso deben aprobar los tres cursos de ingeniería de sistemas de manera independiente. En cada semestre se cuenta con un total de 125 estudiantes por ciclo lectivo, matriculados y distribuidos en 5 grupos de 25 estudiantes, según su nivel Ingeniería I, II y III. Es por lo que cuentan con diferentes supervisores. Algunos estudiantes de los equipos de trabajo no son compañeros de clase y el profesor que supervisa el proyecto no siempre es su profesor de curso. Lo anterior genera una dinámica donde se requiere organización, confianza, ética, coordinación, liderazgo, procesos de comunicación y retroalimentación entre profesores, estudiantes y representantes de las empresas, comparables a estándares de clase mundial.

3.3.3 Progresión, tamaño y duración

Los cambios en la metodología de trabajo en el aula han sido sustanciales. Cada curso se imparte en un ciclo que se compone de 17 semanas. Actualmente se han disminuido las clases magistrales, de un 95% hasta en un 40% y se han incrementado las sesiones de trabajo en talleres y de supervisión. De acuerdo al avance del

proyecto y su nivel de complejidad en los cursos, así aumenta el porcentaje de sesiones de supervisión por cada curso.

Estas nuevas sesiones son en el curso de Ingeniería de sistemas I un 30%, en Ingeniería II un 40% y casi un 60% en Ingeniería III. Se modificó la forma de llevar a cabo la supervisión por parte de los profesores, dando énfasis en la utilización de mejores prácticas de administración de proyectos y facilitando mayor autonomía a los grupos de estudiantes.

La mayoría de las actividades del aula se desarrollan alrededor del proyecto, los contenidos del curso se vinculan con este, se promueve la reflexión, la autocrítica y la crítica, se realizan sesiones de análisis en situaciones particulares de los equipos de trabajo, se han creado foros virtuales de discusión para consultas técnicas y aportes entre los estudiantes, dando énfasis al aprendizaje entre pares.

3.3.4 Aprendizaje de los estudiantes

La definición del proyecto como un medio de aprendizaje integral y el rol de facilitador del profesor, ha favorecido al empoderamiento de los estudiantes que se apropian de la solución, como lo muestran los resultados del estudio del impacto del uso del ABP en la UNA, específicamente en la autoevaluación y coevaluación de los aprendizajes realizados durante los cursos, como se menciona en el estudio realizado ([Sandoval et al. 2015](#), [Cortés 2015](#)).

Los estudiantes son los líderes técnicos del proyecto y se relacionan directamente con el patrocinador y con usuarios expertos designados por las empresas. El profesor es el que guía el proceso desde la perspectiva de la administración de proyectos.

Los estudiantes son los que plantean su propio código de ética, resuelven sus conflictos, planifican, exponen a los profesores el problema con sus respectivas opciones de solución y recomendación. Dentro del curso, se encuentran otras actividades como ensayos, la autoevaluación, coevaluación por parte de los estudiantes y evaluación por parte del profesor y la empresa, propiciando el proceso de reflexión durante el desarrollo del proyecto.

Las particularidades de las empresas con sus respectivas limitaciones de recurso humano, económico y técnico propician aún más un ambiente de aprendizaje entre los estudiantes, profesores y empresas.

3.3.5 Personal académico involucrado y supervisión

Los siete (7) profesores que imparten los cursos se desempeñan en la industria de la Ingeniería de Sistemas, con más de 10 años de experiencia profesional. Dos (2) académicos de tiempo completo con más de 15 años de experiencia docente y cinco (5) de tiempo parcial con un promedio de cinco (5) años de experiencia docente.

Se promueve que los profesores impartan los tres cursos de Ingeniería de Sistemas I, II y III con el fin de que posean la visión integral de los contenidos, metodología en proyectos y expectativas de cada uno de los cursos. Además, se realiza un taller anual de lecciones aprendidas, con los académicos involucrados, donde se persigue mantener el enfoque en el ABP, se revisan las actividades desarrolladas dentro y fuera del aula y su relación y evolución con la metodología de aprendizaje.

La supervisión no se visualiza en un enfoque tradicional de control, más bien es tomado como un proceso de mejora continua a través de la autocrítica del proceso. Uno de los principales cambios es que el profesor se transforma en un facilitador o mentor, que a su vez es un aprendiz propiciando su motivación para el cambio ([Sandoval & Cortés 2014](#)).

3.3.6 Evaluación

Otro de los cambios que se han dado a raíz de la implementación de la nueva filosofía se relaciona con las evaluaciones del curso, anteriormente el mayor porcentaje lo representaban las pruebas escritas, ahora el porcentaje asignado al proyecto, es el mayor y se ha incrementado como se muestra en la Tabla 3.1, distribución de las evaluaciones antes y después de la formalización del ABP.

Se desprende de esta tabla el incremento del proyecto en más de un 100% de su peso inicial en la calificación general.

Tabla 3.1: Distribución de las evaluaciones Antes y después de la formalización del ABP

Ingeniería de Sistemas	% Evaluación del proyecto ANTES de ABP	% Evaluación del proyecto DESPUÉS de ABP	% Evaluación de pruebas escritos ANTES de ABP	% Evaluación de pruebas escritos DESPUÉS de ABP
I	30	50	45	30
II	30	60	30	25
III	30	65	30	20

Fuente: (Cátedra Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional, 2016).

3.4 Proceso de implementación y gestión del cambio

3.4.1 Personal involucrado en el proceso y razones que los motivaron

A la fecha se logró que profesores con experiencia profesional y formativa, que va de los 7 a los 30 años, reconocieran la necesidad de reaprender su nuevo rol como docentes. El análisis comparativo POPBL y las prácticas de la cátedra (ver Tabla 3.2) evidenciaron las semejanzas del trabajo realizado en la UNA con los principios teóricos del ABP y fueron un factor determinante para lograr el cambio.

La sensibilización de los académicos se llevó a cabo a través de reuniones y talleres, donde se realizaron análisis retrospectivos, revisiones bibliográficas y exploración de los datos y los resultados. Los docentes adoptaron formal y voluntariamente valores fundamentales como la humildad profesional, el pensamiento independiente y crítico, solidaridad y trabajo en equipo entre otros. Estos valores propician la consolidación de un ambiente colaborativo y de aprendizaje entre los profesores para continuidad y evolución hacia el cambio.

Considerando que el cuerpo docente posee una escasa formación pedagógica, pero un espíritu autodidacta, la asesoría de expertos, la revisión bibliográfica y las

sesiones de lecciones aprendidas, no solo permiten realizar mejoras; sino que empoderan y motivan a los profesores a continuar con el proceso de cambio.

Tabla 3.2: 2 Análisis comparativo POPBL-Prácticas de la Cátedra

Principios Aprendizaje Basado en Problemas orientado a proyectos (POPBL) (Lehmann et al. 2008)	Elementos utilizados antes de la formalización de la propuesta.
“El aprendizaje basado en una formulación de la problemática”	La problemática a resolver es el desarrollo de una solución de software para una empresa
“Procesos de aprendizaje sean dirigidos por los participantes”	El grupo de proyecto está formado por un grupo de estudiantes, aunque los profesores orientan el conocimiento teórico los estudiantes deben de buscar las soluciones
“Aprendizaje basado en una actividad”	La actividad principal para la aplicación del aprendizaje es el proyecto que se realiza durante los tres cursos de Ingeniería de Sistemas
“Interdisciplinariedad”	Los proyectos de tecnología de información, específicamente el desarrollo de sistemas tiene implícito la interdisciplinariedad. Los estudiantes tienen contacto directo con profesionales de diversas disciplinas.
Ejemplaridad	La interacción con los profesionales de las empresas logran un proceso de intercambio de conocimientos con los estudiantes.
Relación entre teoría y práctica	Los cursos de ingeniería se diseñan para lograr la relación entre la teoría y la práctica
Aprendizaje basado en el trabajo de grupos	El proyecto se desarrolla en equipos de 3 a 5 estudiantes.

Fuente: ([Sandoval et al. 2015](#))

3.4.2 Principales retos encontrados y como fueron superados

Luego de sesiones de análisis, las lecciones aprendidas y el estudio realizado para analizar el impacto de la implementación de ABP (Sandoval & Cortés 2014), se concluye que los principales retos se relacionaron con la formación de los docentes y con la necesidad de lograr su estabilidad laboral, por lo que para impulsar el cambio se requirió de la permanencia de los profesores, que ya han demostrado su compromiso, con experiencia en la forma de trabajo con los estudiantes y las empresas.

Fue necesario un proceso constante de cabildeo con las personas encargadas de la dirección de la Escuela de Informática, cuyos cambios en procesos electorales, se dan cada 3 a 5 años.

El apoyo por parte de la dirección se ha concretado logrando el nombramiento de manera constante, aunque no continua, de los profesores participantes desde el 2009, a pesar de las limitaciones legales y presupuestarias que enfrentan las universidades públicas en Costa Rica.

Una de las principales manifestaciones del cambio de paradigmas en los profesores, es que el docente es un observador de muchas de las soluciones que proponen los estudiantes, ya que estos últimos poseen en muchas ocasiones más elementos y conocimiento de la problemática técnica, que los docentes. Profesor y estudiante trabajan con la incertidumbre, situación que refleja la realidad en las decisiones asociadas a las TICs. Es un cambio de un profesor que tiene todo el conocimiento a un profesor que aprende y empodera a sus estudiantes hacia una solución particular.

Un reto constante es la evaluación individual del estudiante; ya que el trabajo en el proyecto fuera del aula, limita al profesor para determinar el aporte particular estudiante dentro de un equipo, situación que se ha tratado de minimizar a través de coevaluaciones entre los integrantes de su equipo y por medio exposiciones orales individuales.

3.5 Perspectivas futuras y recomendaciones

Tras 5 años de aplicación del modelo se llevó a cabo un estudio denominado “Análisis de impacto de los proyectos realizado por los estudiantes en los cursos de Inge-

nería de Sistemas de la UNA” (Sandoval & Cortés 2014), el mismo consistió en la realización de encuestas y análisis realizados con el fin de medir el impacto de la implementación del modelo ABP en la UNA.

La recolección de datos fue presencial y en línea, se enfocó en medir la perspectiva de los estudiantes, egresados, profesores y empresas sobre diversos aspectos relacionados con el nuevo modelo educativo (Cortés 2015).

Los resultados del estudio sugieren una alta motivación y un efecto positivo en el estudiante por su disposición por aprender, aplicar el conocimiento y desarrollar sus habilidades en el desarrollo de proyectos reales de ingeniería de software.

Se evidencia un porcentaje alto de satisfacción por el logro obtenido al finalizar el proyecto e implementar un sistema de información en la industria (Sandoval & Cortés 2014).

El estudio, por otro lado, arroja la necesidad de reforzar las habilidades de liderazgo, administración de proyectos y trabajo en equipo. Además, es consistente en los participantes que se requiere profundizar en las labores de supervisión de los profesores para el aseguramiento de la calidad.

Existen muchos retos para la mejora continua, como más formación para los profesores, fortalecer la evaluación individual de los estudiantes y revisión constante del rumbo. El mayor desafío es lograr que el cambio de paradigma sea aplicado a la mayoría de cursos de la UNA hacia un proceso de aprendizaje centrado en el estudiante para facilitar el desarrollo humano integral y en la transformación positiva de la sociedad.

Uno de los principales ajustes al modelo, fue la incorporación activa de los estudiantes en el tema del ABP, actualmente ellos conocen el enfoque y en las diferentes actividades relacionadas, incluso con la temática de la ingeniería de software, se hace visible la utilización y el beneficio para los participantes.

3.5.1 Planes y perspectivas futuras con respecto a la aplicación y práctica del ABP

En el año 2016 se ha iniciado con la incorporación de elementos ágiles en la metodología de desarrollo de software. Los mayores esfuerzos se dan en la adaptación de los elementos relacionados con la ingeniería de sistemas, no así en el proceso de

aprendizaje; pues los profesores perciben que la incorporación de elementos del marco de trabajo denominado SCRUM (Oliveira et al. 2016), como son equipos auto-gestionados y análisis retrospectivos, han fortalecido las actividades y prácticas asociadas con el ABP.

Los principales planes se relacionan con una participación más activa y consolidada, consciente del estudiante como principal eje de su propio aprendizaje y una continua capacitación y formación para los profesores. Además, luego de 5 años del estudio formal, se requiere de un nuevo estudio sobre los resultados e impacto del proceso de implementación de ABP en la UNA.

Finalmente, es importante destacar que los logros han sido tangibles y satisfactorios gracias al trabajo y compromiso de los profesores y al ambiente colaborativo generado entre ellos. Existen oportunidades de mejora y retos que desde las trincheras, en el nivel jerárquico más bajo de la organización, se deben enfrentar. Pero también se ha demostrado que no solo fue posible la implementación bottom-up del ABP en la UNA, sino que se ha mejorado y mantenido durante más de 10 años.

Agradecimientos

El trabajo que se presenta en ese capítulo se ha llevado a cabo gracias a los esfuerzos y compromisos de los profesores de la Cátedra de Ingeniería de Sistemas de la UNA y al apoyo de la Universidad de Aalborg, especialmente en las personas de Heilyn Camacho, Marianne Lykke, y Lone Dirckinck-Holmfeld.

Referencias

- Branda, L. (2001), 'Aprendizaje basado en problemas, centrado en el estudiante, orientado a la comunidad. Universidad de Canadá..', *Aportes Para un Cambio Curricular en Argentina* pp. 79–101.
- Camacho, H. (2010), *Developing a Methodology Based on Action Learning to Facilitate the Adoption of ICT in Small and Medium-sized Companies in Costa Rica.*, Technical report, Universidad Aalborg., Dinamarca:.

- Cortés, R. S. M. (2015), PBL en la Enseñanza de la Ingeniería de Sistemas: la Perspectiva de los Estudiantes, in ‘Proceeding of the Seventh International Symposium on Project Approaches in enfgineering Education (PAEE 2015),’, pp. 385–393.
- Escribano, A. D. V. Á. (2008), *El aprendizaje basado en problemas. Una propuesta metodológica en educación superior*, Narcea.
- Jones, E. (2002), ‘Myths about assessing the impact of problem based learning on students.’, *The journal of general education* **51**(4).
- Kolmos, A. & Graaff, E. D. (2007), Process of Changing to PBL, in E. de Graaff & A. Kolmos, eds, ‘Management of Change: Implementation of Problem Based Learning and Project Based in Engineering.’, Sense Publishers, pp. 31–43.
- Lehmann, M., Christensen, P., Du, X. & Thrane, M. (2008), ‘Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education’, *European Journal of Engineering Education* **33**(3), 283–295.
- URL:** <http://dx.doi.org/10.1080/03043790802088566>
- Nichols, S. & Armstrong, N. (2003), ‘Engineering entrepreneurship: Does entrepreneurship have a role in engineering education?’, *Antennas and Propagation Magazine, IEEE* **45**(1), 134–138.
- Oliveira, J- Vinhas, M. Da Costa, F. Nogueira, M. Ribeiro, P. Machado & Machado, P (2016), ‘Is Scrum Useful to Mitigate Project’s Risks in Real Business Contexts?’, *R. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2016*, Volumen 9790.
- Sandoval, M. & Cortés, R. (2014), Análisis de impacto de los proyectos realizado por los estudiantes en los cursos de Ingeniería de Sistemas de la UNA, Technical report.
- Sandoval, M., Cortes, R. & Lizano, F. (2015), PBL in System Engineering Grades: a Bottom-Up perspective, in ‘Proceeding of the Seventh International Symposium on Project Approaches in enfgineering Education (PAEE 2015),’, pp. 382–391.

AFILIACIONES

Maria Marta Sandoval Carvajal

Universidad Nacional, Costa Rica

e-mail: maria.sandoval.carvajal@una.cr

Rita Cortés Chavarría

Universidad Nacional, Costa Rica

e-mail: rita.cortes.chavarria@una.cr

Elena Porras Piedra

Universidad Nacional, Costa Rica

e-mail: maria.porras.piedra@una.cr

Fulvio Lizano Madriz

Universidad Nacional, Costa Rica

e-mail: fulvio.lizano.madriz@una.cr

Capítulo 4

A formação de engenheiros no Brasil pela Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Ulisses F. Araújo, Waldomiro Loyolla, Mônica C. Garbin e Carolina Costa Cavalcanti

Resumo: Este capítulo apresenta um modelo pedagógico centrado na resolução de problemas, na pedagogia de projetos e em ambientes colaborativos na formação profissional de engenheiros, que são os pilares adotados nos cursos de graduação semipresenciais oferecidos pela Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), a primeira Universidade brasileira exclusivamente virtual. Tais princípios, em consonância com a missão da instituição, que é a valorização da criatividade, da inovação e do trabalho colaborativo no mercado profissional e nas relações sociais e culturais, têm nos Projetos Integradores, a atividade pedagógica responsável por articular e sustentar os pilares da estrutura curricular mencionados.

4.1 Introdução

Nas últimas décadas, as tecnologias digitais da informação e comunicação têm sido adotadas para apoiar os processos educacionais de cursos superiores no Brasil. Em alguns cursos, os recursos tecnológicos são usados para dar suporte a abordagens tradicionais de ensino-aprendizagem, centradas na transmissão de conhecimento. Em outros casos, as tecnologias são adotadas como ferramentas que apoiam à execução de modelos didático-pedagógicos centrados em metodologias ativas da aprendizagem que colocam os estudantes como protagonistas de sua própria aprendizagem (Donnelly 2010, Jonassen 2011, Araújo et al. 2015)

A educação semipresencial apoiada em ferramentas tecnológicas apresenta algumas vantagens apontadas por Donnelly (2009) e Matza (2010). Algumas delas são: suporte para realização de atividades individuais e colaborativas, maior engajamento de alunos para o desenvolvimento das atividades acadêmicas e aprendizagens mais profundas e significativas.

A Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp) é uma instituição pública de ensino superior que oferece cursos de graduação semipresenciais na área de engenharia embasados em um modelo didático-pedagógico centrado em metodologias ativas. Ela foi criada em 2012 e é a quarta universidade estadual paulista, ofertando cursos de graduação, pós-graduação e extensão, gratuitamente. Seu ingresso se dá por processos seletivos públicos, vestibulares, e em seu projeto acadêmico, os estudantes cursam os dois primeiros anos das Engenharias em um Ciclo Básico, composto por disciplinas comuns e fundamentais para a formação profissional de engenheiros. Após o Ciclo Básico cada estudante faz a opção pelas carreiras específicas oferecidas no vestibular: Engenharia da Computação ou Engenharia de Produção.

Seu primeiro vestibular para cursos de graduação foi em 2014, oferecendo 1.296 vagas em Engenharia, em 18 diferentes polos presenciais, distribuídos em 9 cidades do Estado de São Paulo, Brasil. No segundo semestre de 2016, iniciaram-se os Ciclos Profissionais, com taxa de ocupação de 87,7% das vagas ofertadas inicialmente no vestibular. Do total de 1.137 matrículas, 41% (463) pertencem ao curso de Engenharia de Computação e 59% (674), de Engenharia de Produção.

Seu segundo vestibular ocorreu em julho de 2016 e foram oferecidas mais 918 vagas, em 17 polos distintos distribuídos em 16 cidades do estado, com taxa de ocupação de 100% . Assim, o objetivo deste artigo é apresentar o modelo didático-pedagógico dos cursos de Engenharia da Univesp, o qual é centrado no Problem Based Learning (PBL), na pedagogia de projetos desenvolvidos de forma colaborativa com suporte de tecnologias, apresentando exemplos de resultados que este modelo vêm obtendo na formação profissional de engenheiros no Brasil e a percepção dos estudantes sobre o trabalho com projetos no seu processo de aprendizagem.

4.2 O PBL como prática pedagógica: princípios do modelo didático-pedagógico da Univesp

A Univesp utiliza as tecnologias da informação e comunicação a serviço da educação e da cidadania, levando o conhecimento e a educação de qualidade para todo o Estado de São Paulo. O que motivou a adoção do PBL em seu modelo didático-pedagógico, é a possibilidade de construção de uma ponte entre os conteúdos curriculares apresentado nas disciplinas dos cursos e o mercado de trabalho, apresentando contextos reais aos seus estudantes (Araújo et al. 2016, Loyolla et al. 2016, Garbin et al. 2016, Loureiro et al. 2016, Pirillo et al. 2016).

Para tanto, foram estabelecidos cinco pilares no modelo didático-pedagógico dos cursos da Univesp, que se complementam e buscam garantir aos estudantes uma formação ao mesmo tempo sólida, criativa e com foco na inovação pessoal e profissional.

O primeiro pilar é a transmissão de conhecimentos consolidados pela humanidade e pelas áreas de conhecimento específicas a que se vinculam aos cursos de graduação (Araújo et al. 2015). Os conteúdos curriculares de base conceitual são disponibilizados por meio de vídeo-aulas previamente gravadas e com controle de qualidade. Para isso, são convidados para ministrar as vídeo-aulas alguns dos maiores especialistas do Brasil sobre as temáticas abordadas nas disciplinas oferecidas. Cada uma dessas vídeo-aulas têm entre 15 e 20 minutos de duração, tempo suficiente para apresentar de maneira esquemática o estado da arte de cada um dos temas abordados.

Além disso, são disponibilizados no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), materiais abertos disponíveis em bibliotecas eletrônicas de acesso gratuito. Com essa iniciativa, evita-se a produção de textos exclusivos para o curso, reconhecendo que existe material acadêmico de excelente qualidade disponível online. No AVA os estudantes também podem interagir, no espaço "Perguntas e Respostas", com os professores doutores, responsáveis pelo acompanhamento das atividades individuais das disciplinas curriculares e com outros estudantes de seu curso.

O segundo pilar é o dos conteúdos interdisciplinares que cruzam as fronteiras temáticas das disciplinas do currículo. A interdisciplinaridade prevê uma articulação de saberes, ou seja, possibilita que aquilo que é comum entre disciplinas ou campos do conhecimento seja sistematizado, proporcionando uma visão abrangente de

conceitos e saberes (Winters et al. 2008, Chen 2009). Logo, nos cursos da Univesp os estudantes podem conceber e propor variadas soluções a um problema proposto articulando as aprendizagens oriundas das disciplinas já cursadas, com uso de métodos específicos também apresentados e adotados no curso, para desenvolvimento de projetos.

O terceiro pilar é o do trabalho colaborativo e cooperativo e está ancorado na importância do aprendizado social, ou da aprendizagem em grupo, como aspecto fundamental para a co-criação e preparação para atuar no mundo profissional (Dabbagh & Doss 2013). O PBL associado ao trabalho com projetos ou seja, a Aprendizagem Baseada em Problemas e por Projetos (ABPP) embasa este pilar pois reconhece a importância na contemporaneidade da construção coletiva de saberes em rede e em equipes multidisciplinares (Sawyer 2006). Assim, na Univesp, os estudantes trabalham em grupos de até sete estudantes, tendo um projeto desenvolvido sob a perspectiva do PBL e que inspirou-se na exitosa experiência da Universidade de Aalborg, na Dinamarca (Enemark et al. 2009, Moesby 2009).

O quarto pilar do modelo adotado nas Engenharias da Univesp é a das situações-problema que aproxima os estudantes do mundo real ao levá-los a aprender a partir da busca por soluções para problemas semelhantes aos que enfrentarão no mercado profissional. Jonassen (2000) e Chen (2009), corroboram com o uso de situações-problemas em contextos educacionais. Indicam que em cursos superiores é recomendável propor atividades que visam a resolução de problemas complexos, relevantes e que estimula os estudantes a adotar uma postura investigativa. No caso da Univesp, é fornecido aos estudantes um tema geral relacionado às disciplinas do semestre e definido previamente pelos docentes, para que a partir dele, cada grupo de estudantes defina a situação-problema a ser estudada durante o desenvolvimento de um projeto.

O quinto pilar adotado na Univesp é o do aprender fazendo (learning by doing), que articula teoria e prática, aproximando os estudantes desde o início de sua formação de contextos reais. Esse pilar apoia-se na abordagem do Design Thinking, adotado, enquanto processo, para complementar as bases conceituais da ABPP. O Design Thinking alinhado ao ABPP, leva os estudantes, orientados por tutores, a seguir três etapas para identificar problemas, propor e testar soluções. As etapas adotadas são: ouvir (hear), criar (create), implementar (deliver) (HCD-IDEO 2009). Para isso, seguem os pressupostos conceituais Design Centrado no ser Hu-

mano disseminado pela Hasso-Plattner Institute (D.School) da Universidade Stanford (Meinel & Leifer 2011) como perspectiva eficaz para solução de problemas complexos e criação de inovações. Esta perspectiva foca nos desejos, expectativas e necessidades das pessoas envolvidas direta e indiretamente no problema analisado (os stakeholders) visando propor soluções que sejam inovadoras e que impactem de modo positivo um contexto real.

Concluindo, a partir de um tema geral proposto pelos docentes que ministram as disciplinas de um determinado semestre letivo, os estudantes da Univesp investigam, em sua cidade, problemas reais que eles mesmos detectam a partir de critérios pré-estabelecidos. Seguindo etapas do ABPP associado ao DT e sendo orientados por tutores, vivenciam um contexto específico encontrado em sua região e, a partir de projetos colaborativos têm a oportunidade de criar, prototipar e propor soluções inovadoras para os problemas identificados.

4.3 Organização curricular dos cursos da Univesp: projeto integrador

A matriz curricular dos cursos de graduação da Univesp tem uma organização semestral composta por oito a nove disciplinas. Entretanto, os alunos cursam essas disciplinas distribuídas em dois bimestres, e em cada um deles são ofertadas entre quatro e cinco disciplinas. Uma delas é denominada Projeto Integrador (PI), na qual os grupos de alunos desenvolvem um projeto a partir da definição de um tema curricular que articula os conteúdos das disciplinas que compõem o currículo do semestre, como já mencionado anteriormente. Durante o desenvolvimento do PI também é esperado que os alunos utilizem conhecimentos de disciplinas cursadas previamente. A imagem a seguir exemplifica como se dá a organização do nono bimestre da Engenharia da Computação:

Assim, é em PI que o tema geral escolhido pelos professores do semestre é apresentado a grupos de alunos que deverão selecionar um contexto específico para formulação e identificação de problemas reais para serem estudados, compreendidos e contextualizados na realidade local escolhida (Jonassen 2000, Dabbagh & Dass 2013, Araújo et al. 2014). Alguns exemplos de temas gerais apresentados aos alunos para desenvolvimento do projeto integrador nos cursos de Engenharia são:

1o Semestre - Matriz energética do Estado de São Paulo: estado da arte e desafios

2o Semestre - Clima, Ambiente e Sociedade

3o Semestre - A melhoria de espaços públicos

As demais disciplinas, como algumas das mencionadas na 4.1, são oferecidas por meio das vídeo-aulas gravadas nos estúdios da UnivespTV em São Paulo, e organizadas no Ambiente Virtual de Aprendizagem junto com atividades, recursos multimídia complementares e atividades de prática e avaliativas.

No que se refere à avaliação das disciplinas, há uma combinação entre momentos de avaliação formativa e somativa. Ou seja, a avaliação formativa ocorre quando há o acompanhamento dos alunos, passo a passo, nas atividades e trabalhos desenvolvidos, tanto individualmente quanto coletivamente, de modo a verificar suas facilidades e dificuldades no processo de aprendizagem e, se necessário, adequar alguns aspectos do curso/disciplina de acordo com as necessidades identificadas. Nesta avaliação os alunos devem realizar atividades disponíveis e orientadas no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

A avaliação somativa é aplicada no final do período letivo. Este tipo de avaliação busca quantificar se o aluno aprendeu aquilo que estava previsto nos objetivos de aprendizagem do curso. Ou seja, a avaliação somativa quer comprovar se a meta educacional proposta e definida foi alcançada pelo aluno.

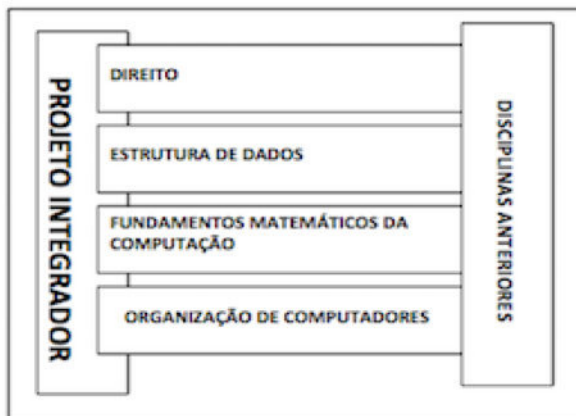


Fig. 4.1: Modelo Pedagógico do Projeto Integrador Univesp, embasado em (Araújo & Sastre 2009) e (Moesby 2009)

Devido a exigência disposta no decreto número 5.622, que regulamenta a oferta de cursos distância no Brasil, é exigido que ao final do período letivo seja realizada uma avaliação presencial pelos estudantes. Assim, no final de cada bimestre, os alunos realizam provas presenciais das disciplinas cursadas que são aplicadas nos polos Univesp. As provas são formuladas, orientadas e avaliadas segundo critérios estabelecidos pelos docentes de cada disciplina.

4.3.1 Projeto integrador

O projeto integrador é uma atividade curricular semestral obrigatória desenvolvida por grupos de seis alunos, sob a orientação de um tutor, capacitado especialmente para essa função, pela coordenação e supervisão pedagógicas dos cursos. Auxilia até nove grupos de alunos para que possam realizar as atividades colaborativas previstas para cada etapa do projeto.

Tais atividades envolvem, basicamente, três fases essenciais:

1. Aproximação ao tema, elaboração e análise do problema.
2. Desenvolvimento de ações que levem à resolução do problema, por meio da criação de protótipos.
3. Socialização dos conhecimentos produzidos, visando obter feedback antes da implementação do protótipo, e a produção de relatório escrito.

Como dito anteriormente, as fases do projeto têm como eixo de organização as três etapas do Design Thinking (ouvir, criar, implementar). Na etapa ouvir os grupos escolhem um local para realizar sua pesquisa e a visitam para entrevistar indivíduos e grupos de pessoas sobre o tema central do projeto a ser desenvolvido no semestre. Nesta etapa também observam as pessoas e suas rotinas. Na segunda etapa, criar, são realizadas sessões de *brainstorming*, por exemplo, para a concepção de soluções para o problema analisado. Finalmente, na etapa implementar os grupos preparam protótipos das melhores soluções criadas e realizam testes com os stakeholders. Desta maneira, as soluções são afinadas e melhoradas para que atendam as expectativas e necessidades detectadas nas etapas anteriores.

Os encontros entre tutor e alunos ocorrem semanalmente, intercalando-se numa semana presencial e na outra virtual. Os encontros presenciais ocorrem nos po-

los de apoio, localizados em instituições de ensino parceiras da Univesp e os encontros virtuais ocorrem com o suporte da ferramenta Google Hangouts <https://hangouts.google.com/>, em dias e horários previamente estabelecidos no início do semestre. Além disso, os alunos contam com o apoio de ferramentas colaborativas disponíveis no Ambiente Virtual de Aprendizagem, como Perguntas & Respostas (fórum de discussão), Google Hangouts e Google Docs, nas quais se comunicam com o seu tutor ou com os docentes das disciplinas e realizam atividades relacionadas ao projeto.

Para a avaliação desta atividade acadêmica, ao final do semestre, os grupos entregam relatórios científicos qualitativos, que descrevem o desenvolvimento de todo o projeto integrador e dos processos de prototipagem realizados visando responder os problemas estudados. Além disso, os protótipos criados são socializados com outros alunos do curso, tutores e professores através de vídeos produzidos pelos próprios estudantes e publicados no youtube.

A seguir apresentamos três exemplos de projetos desenvolvidos no terceiro semestre dos cursos sob o tema “A melhoria de espaços públicos”:

Segundo os integrantes do grupo (Pegoraro et al. 2015), o protótipo, exibido no quadro 4.1 e apresentado no relatório final, foi criado a partir de conhecimentos obtidos nas disciplinas cursadas no curso de Engenharia, como: Inglês, que auxiliou o grupo na organização e desenvolvimento da escrita do relatório; Expressão Gráfica, utilizada no desenvolvimento do projeto no software CAD; Ciência do Ambiente, cuja contribuição foi a percepção da necessidade da utilização de recursos renováveis, para o desenvolvimento do ponto de ônibus; as disciplinas Física II e III, nas quais obteve-se os fundamentos de corrente elétrica para elaborar o projeto de iluminação do ponto de ônibus usando sensores que captam a presença de pessoas e o painel solar que capta a energia solar para converter em elétrica; em Química foram usados os conhecimentos relacionados à Polímeros para a escolha do telhado e dos assentos dos bancos do protótipo; finalmente, em Metodologia Científica onde aprenderam a organizar e a tabular os dados obtidos nas coletas de dados, bem como a própria organização do trabalho.

Para demonstrar a articulação entre a teoria aprendida nas disciplinas e a prática experimentada no desenvolvimento do projeto, apresentamos, como exemplo, o objetivo da disciplina Expressão Gráfica, que foi mencionada pelo grupo ST3 Barretos como relevante para realizar o trabalho colaborativo:

Tabela 4.1: Quadro 1: Grupo ST3 – Barretos


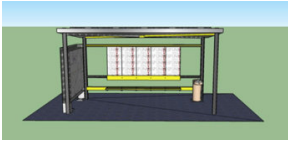

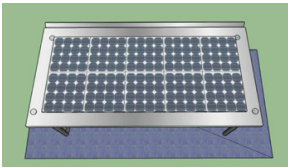
Problema pesquisado	Como fazer melhorias no Ponto de ônibus usado pelos estudantes do Polo de Barretos?
Contexto analisado	<p>O projeto propõe melhorias no ponto de parada de ônibus localizado em frente o polo de apoio presencial da Univesp, na cidade de Barretos. O grupo observou que o ponto não era muito utilizado pela população e em sua proposta visou incentivar a população a utilizar esse tipo de transporte público, oferecendo conforto e segurança aos usuários regulares.</p> 
Protótipo criado	<p>O abrigo será confeccionado em tubos de aço carbono tubular industrial e compatível com os requisitos de segurança e de conservação do meio ambiente: sua cobertura usa garrafas PET com painéis solares para captação de energia solar; seu sistema de iluminação possui sensores de presença; há um bebedouro com água potável; os assentos desenvolvidos utilizam fibras de bagaço de cana de açúcar.</p>   

Fig. 4.2: Contexto

Fig. 4.3: Protótipo do ponto de ônibus

Fig. 4.4: Lateral do ponto de ônibus

Fig. 4.5: Telhado feito de garrafas PET

Capacitar o estudante a comunicar-se na linguagem técnica gráfica da engenharia, especificamente através da leitura e produção de representação de objetos em vistas ortográficas e perspectiva isométrica. Também deverá desenvolver habilidade introdutória no uso de aplicativos gráficos (Plano de ensino da disciplina Expressão Gráfica).

O fato dos alunos terem utilizado o software CAD para preparar o protótipo da solução concebida, demonstra que no projeto foram capazes de aplicar suas aprendizagens desta disciplina e também de outras, como destacaram no relatório final produzido.

O mesmo pode ser observado no segundo exemplo apresentado a seguir. Nele, os alunos também adotam os conhecimentos de Expressão Gráfica para preparar o protótipo do Projeto Integrador no terceiro semestre do Ciclo Básico das Engenharias.

O grupo ([Cavalheiro et al. 2015](#)) elencou duas disciplinas como fornecedoras essenciais de conhecimentos para a estruturação da proposta de iluminação: Expressão Gráfica, naquilo que se refere à criação dos mapas de iluminação e Introdução a Engenharia, que apresentou diversos conhecimentos sobre o papel social do engenheiro, buscando melhorar a vida da população. É importante ressaltar que a iniciativa deste grupo foi apresentada ao prefeito da cidade de Tarumã (São Paulo, Brasil), já que além da preocupação em melhorar o sistema de iluminação do parque, houve também uma pesquisa realizada por esses estudantes, indicando que caso houvesse a implementação do protótipo, haveria uma economia de dinheiro público.

Além do uso do Software CAD para criar o projeto gráfico proposto, o grupo sinalizou que a disciplina Introdução à Engenharia foi relevante para desenvolver o trabalho. O objetivo desta disciplina é:

Apresentar aos alunos o entendimento do que seja a Engenharia, no que se refere à identificação das necessidades e demandas que impliquem em ações da Engenharia; como enunciar problemas; proposição de alternativas de solução e a escolha racional de uma solução. As seguintes habilidades e atitudes deverão ser desenvolvidas pelos alunos, como: trabalho em equipe; realizar o planejamento, programação e controle; comunicar-se escrita e oralmente; criar alternativas e critérios para decisão; preocupar-se com aspectos econômicos, sociais, ambientais e relativos a segurança e efetuar julgamento e assumir postura ética e cidadã (Plano de ensino da disciplina Introdução à Engenharia).

O protótipo e o relatório final evidenciam que os estudantes do grupo SM3 - Tarumã de fato conseguiram alcançar o objetivo proposto na disciplina uma vez que criaram uma solução condizente o problema identificado, trabalhando em grupo,

Tabela 4.2: Quadro 2: Grupo SM3 – Tarumã

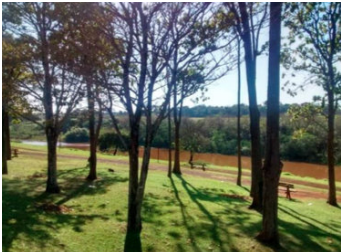
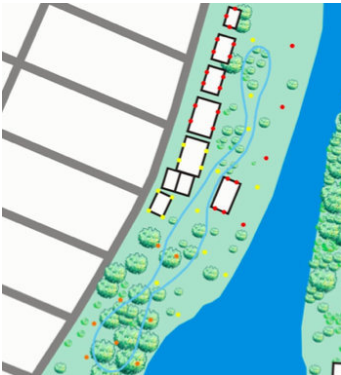
Problema pesquisado	Como fazer melhorias no Parque Vicente Benelli, de forma que a população passe a utilizá-lo com maior frequência?
Contexto analisado	<p>O grupo observou que o Parque Vicente Benelli, localizado às margens do Rio Tarumã (São Paulo – Brasil) era pouco utilizado pela população que relatou que o sistema de iluminação pública era ineficiente.</p> 
Protótipo criado	<p>O protótipo propõe a adequação do sistema de iluminação do Parque Vicente Benelli. O grupo utiliza conceitos de sustentabilidade, propondo o aproveitamento da luz do sol através de placas fotovoltaicas para alimentação do sistema durante a noite.</p> 

Fig. 4.6: Parque Vicente Benelli

Fig. 4.7: Projeto da localização da iluminação

Fonte: <http://Univesp.br/boletim>

criando alternativas para solucioná-lo e preocupando-se com questões sociais e ambientais. Esta disciplina também foi mencionada pelo grupo SM2 - São José dos Campos como relevante para o desenvolvimento do projeto integrador como apresentado a seguir.

Dentre as disciplinas apontadas pelos estudantes (Gueiros et al. 2015) como sendo fundamentais no desenvolvimento do protótipo estão: Introdução a Engenharia, que demonstra que o papel do engenheiro, dentre outras funções, é o de ouvir e atender necessidades da sociedade. A disciplina Sociedade e Cultura que ajudou o grupo a problematizar as transformações da sociedade, incluindo o problema da obesidade e suas consequências para a saúde da população. A disciplina Economia que auxiliou na busca por peças recicláveis na construção do protótipo, visando uma diminuição dos gastos na produção do circuito. A disciplina Química, onde o grupo de estudantes buscou conhecimentos que auxiliaram no entendimento e uso das baterias de lítio, que é a fonte usada na maioria das baterias de celulares. As disciplinas de Cálculo I, II e III ajudaram a entender e calcular as variações de energia e para a produção da modelagem matemática, base do circuito desenvolvido.

Além do uso dos conhecimentos adquiridos na disciplina Introdução à Engenharia, o projeto também cumpre com os objetivos da disciplina Economia, como pode ser observado nos objetivos o projeto gráfico proposto, o grupo sinalizou que a disciplina Introdução à Engenharia foi relevante para desenvolver o trabalho. Já com relação à disciplina de Economia, seu objetivo é:

Ao término da disciplina, o aluno deverá compreender melhor temas como princípios de economia, funcionamento dos mercados, influência dos impostos nos mercados, externalidades, produção e custos, cálculo da renda nacional, crescimento econômico, moeda e sistema monetário, inflação e noções de análise econômica de projetos (Plano de ensino da disciplina Economia).

A partir dos protótipos analisados, foi possível notar que os estudantes conseguiram realizar a integração das disciplinas na formulação de seu projeto. Os trabalhos analisados demonstram que houve atenção dos estudantes quanto às etapas do Design Thinking e que ao mesmo tempo, procuraram utilizar conhecimentos disponíveis nas disciplinas cursadas.

Tabela 4.3: Quadro 3: Grupo SM2 – São José dos Campos

Problema pesquisado	Como propor uma solução que corrobore com o problema da crise hidráulica e elétrica de São Paulo e ao mesmo tempo auxilie na diminuição do sedentarismo?
Contexto analisado	<p>O projeto foi idealizado em meio a uma crise hídrica vivida no estado de São Paulo, ao mesmo tempo que se percebe a população cada vez mais sedentária. O grupo pesquisou a ciclovia e tipos de bicicleta que podem ser alugadas no Parque Ibirapuera (São Paulo, Brasil). A seguir criou soluções em um modelo de bicicleta a ser disponibilizado para aluguel, inicialmente no Parque da Cidade de São José dos Campos, “Roberto Burle Marx”.</p> 
Protótipo criado	<p>O projeto apresentou uma proposta sustentável e saudável, através do uso de uma bicicleta modificada, para ser usada inicialmente no Parque Roberto Burle Marx. O protótipo de bicicleta criada pelos alunos da Engenharia possui um circuito acoplado.</p>  <p>Quando a bicicleta é pedalada transforma energia mecânica em energia elétrica, armazenando-a em baterias portáteis, que podem ser usadas para recarregar celulares ou outros equipamentos eletrônicos. A saúde daqueles que optarem pela bicicleta como meio de transporte será beneficiada por estarem combatendo o sedentarismo e ao mesmo tempo terão uma opção de recarregar equipamentos eletrônicos de forma sustentável.</p> 

Fig. 4.8: Parque Roberto Burle Marx

Fig. 4.9: Bicicleta com o circuito acoplado

Fig. 4.10: Circuito acoplado na bicicleta

4.4 Resultados parciais e a visão dos estudantes

Ao final de cada bimestre os alunos dos cursos de Engenharia da Univesp respondem a um questionário de avaliação, de forma voluntária, anônima e online, composto por questões abertas e fechadas, nas quais qualificam aspectos do curso e das disciplinas oferecidas.

Tal instrumento de avaliação possui 67 questões, organizadas em blocos, de acordo com os seguintes objetivos: avaliação geral do curso, avaliação específica de cada disciplina, avaliação do projeto integrador, avaliação das ferramentas tecnológicas de apoio ao aprendizado e avaliação de aspectos administrativos da universidade.

Para este trabalho foram usados dados advindos das questões "Avaliação geral do projeto integrador" (exige resposta objetiva) e "Descreva, sinteticamente, o que mais contribuiu para a sua aprendizagem no desenvolvimento do projeto integrador" (exige resposta aberta), que gerou dados quantitativos, para a primeira questão e dados qualitativos para a segunda.

Nas questões objetivas são usadas escalas do tipo Likert¹ com cinco opções de resposta: Muito ruim (1); Ruim (2); Nem bom, nem ruim (3); Bom (4); Muito bom (5). Assim, a média foi calculada a partir dessas variáveis nas respostas dadas por todos os respondentes.

Para o presente artigo demonstra dados de três momentos do desenvolvimento do curso (final do semestre um, dois e três) e fornece os dados para a avaliação do Projeto Integrador nos cursos de Engenharias. A escolha desses momentos deu-se porque ao final do semestre os estudantes haviam concluído sua pesquisa e portanto, finalizado o protótipo, tendo passado por todas as fases.

Dos 1.137 alunos matriculados 313 responderam ao questionário aplicado ao final do primeiro semestre (dez/2014); 335 responderam ao questionário no final do segundo semestre (jul/2015); e 357 responderam o questionário no final do terceiro semestre (dez/2015).

Os dados relativos à questão "Avaliação geral do projeto integrador" demonstram que houve melhoria na avaliação deste aspecto, ao compararmos às respostas da coleta realizada em dezembro de 2014 e aquela realizada em dezembro de 2015.

¹ Escala psicométrica amplamente adotada em pesquisa quantitativa.

Tabela 4.4: Avaliação geral do projeto integrador no curso de Engenharia

Coletas	N	Média	Desvio Padrão
dez/2014	313	3.51	1.19
jul/2015	335	3.66	1.01
dez/2015	357	3.86	.96

O gráfico, a seguir, ajuda a visualizar os resultados gerais desta questão:

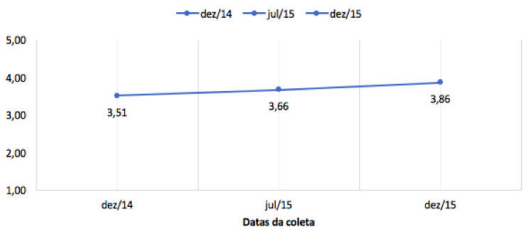


Fig. 4.11: Avaliação geral do projeto integrador

As respostas dos estudantes para a questão "Descreva, sinteticamente, o que mais contribuiu para a sua aprendizagem no desenvolvimento do projeto integrador" auxiliam no entendimento do que foi relevante para os estudantes durante o desenvolvimento dos projetos, ao longo do curso.

As respostas dos estudantes demonstram diversos tipos de aprendizados: colocar em prática os conhecimentos teóricos vivenciados nas disciplinas; aprender a trabalhar em grupo; aprender a lidar com diferentes personalidades e pensamentos; entender que o projeto proporciona uma vivência real do seu cenário de trabalho futuro; dentre outros. Tais aprendizados corroboram tanto com o modelo pedagógico quanto com a missão da Universidade.

4.5 Considerações finais

Este artigo objetivou apresentar o didático-pedagógico que vem sendo implementado pela Univesp – Universidade Virtual do Estado de São Paulo nos cursos de

Tabela 4.5: Exemplos de respostas à questão - Descreva, sinteticamente, o que mais contribuiu para a sua aprendizagem no desenvolvimento do projeto integrador

Datas da coleta	Relatos de alunos
dez/2014	<p>A necessidade de buscar um problema, e em seguida criar uma solução para ele, abriu uma nova visão pra mim, que até então não assumia ou refletia sobre.</p> <p>O trabalho em grupo permite que conheçamos diferentes tipos de pessoas e possamos lidar com situações variadas e solução de situações em grupo em suas resoluções. Enriquece o conteúdo aprendido e a troca de experiência são fatores muito importantes nos dias de hoje.</p>
jul/2015	<p>Esse Projeto pode habilitar minhas competências para trabalhar em grupo com Engenheiros por toda parte além de proporcionar o trabalho com problemas e soluções que demandam toda a vida em sociedade e é isso que imagino que o Curso de ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO, o qual devo seguir.</p> <p>O que mais contribuiu, para mim, para o meu aprendizado no desenvolvimento do projeto integrador foi a oportunidade de trabalhar em grupo e adquirir e trocar conhecimentos aplicados às disciplinas estudadas no bimestre. Também foi importante a motivação de desenvolver um projeto que poderia, de alguma forma, compartilhar conhecimentos passíveis de serem aplicados na sociedade, para o bem comum.</p>
dez/2015	<p>A colaboração e apoio do mediador foi o que mais me surpreendi na Univesp. Pois muitas vezes precisamos de um rumo no trabalho e através das dicas do mediador como a aplicação da escuta ativa foi importantíssimo para o andamento do trabalho direcionado para o desejo público da região.</p> <p>Mediante ao trabalho em grupo através do Brainstorm desenvolvemos uma relação de contribuição mútua de idéias para solução do problema. O ato de observar, identificar um problema, propor a solução e desenvolver o protótipo é muito enriquecedor uma vez que mediante o setor público e privado, são essas características necessárias em um profissional.</p>

Engenharia, centrado no Problem Based Learning (PBL), apresentando exemplos de resultados que este modelo vêm obtendo na formação profissional de engenheiros no Brasil e a percepção dos estudantes sobre o trabalho com projetos no seu processo de aprendizagem.

O modelo pedagógico da Univesp apoia-se em cinco pilares que sustentam seu processo educacional: a Aprendizagem Baseada em Problemas e por Projetos, e o Design Thinking, aliados ao trabalho colaborativo e cooperativo, às situações problema, à interdisciplinaridade e à transmissão de conhecimento, que estão articulados no Projeto Integrador.

Ao longo da implementação do modelo educacional que foi apresentado surgiram diversas dificuldades como, por exemplo, a implementação de um sistema de avaliação que ao mesmo tempo contemplasse os princípios do PBL e a legislação brasileira. Ou ainda, o entendimento dos estudantes quanto ao modelo de aprendizagem, já que muitas vezes durante os encontros presenciais esperavam por uma aula expositiva tradicional. Ao longo do processo, no entanto, as dificuldades foram sendo superadas e melhorias foram sendo implementadas. Por exemplo, os projetos durante o primeiro semestre eram realizados de maneira bimestral e a partir do feedback coletado junto aos alunos e tutores, passaram a ser semestrais no segundo semestre.

Finalizando este texto, os três protótipos e os dados apresentados são os que já estão sistematizados e em condições de divulgação. Mas salientamos que os 3 protótipos aqui descritos são apenas uma pequena amostra dos cerca de 180 projetos criados semestralmente por todo o Estado de São Paulo, nos 19 municípios de atuação da UNIVESP. Na época de conclusão deste capítulo os alunos já estavam vivenciando a parte profissional do currículo, concluído o quinto semestre do curso, e já notam-se mudanças qualitativas e melhorias notáveis nos protótipos finais de resolução de problemas, incluindo a construção de maquetes, aplicativos, serviços, sites, etc. Por fim, as respostas dos estudantes nos questionários de avaliação institucional que respondem bimestralmente demonstram que cada vez mais eles têm afirmado a contribuição dos conteúdos e do PI para a sua formação profissional e pessoal.

Referencias

Araújo, U. F., Fruchter, R., Garbin, M. C., Pascoalino, L. N., Araújo, V. A., Araujo, U. F., Fruchter, R., Garbin, M. C., Pascoalino, L. N. & Araujo, V. A. A. (2014), 'The reorganization of time, space, and relationships in school with the use

of active learning methodologies and collaborative’, *Educação Temática Digital* **16**(1), 84–99.

- Araújo, U. F., Garbin, M. C., Franzi, J., Arantes, V. A. & Silva, C. C. d. O. e. (2015), ‘O uso de tecnologias educacionais na formação de professores para conteúdos de ética e cidadania: o curso de Especialização semipresencial em “Ética, valores e cidadania na escola”’, *International Studies on Law and Education* **19**, 37–46.
- Araújo, U. F., Loyolla, W. P. D. C., Garbin, M. C. & Cavalcanti, C. M. C. (2016), Adoção da estratégia de mentoria FISHBOWL em projetos integradores em curso de graduação., in ‘22º CIAED - Congresso Internacional ABED de Educação a Distância’, Águas de Lindoia.
- Araújo, U. F. & Sastre, G., eds (2009), *Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior*, Summus Editorial, São Paulo.
- Cavalheiro, M. G., Goncalves, O. D., Zimmermann, R. C., Cruz, S. D. & Oliveira, V. A. (2015), ‘Modernização do sistema de iluminação pública do Parque Vicente Benelli no município de Tarumã/SP’.
- Chen, C.-H. H. (2009), ‘Reframing narrative cases for ill-structured contexts: the design with learners in mind’.
- Dabbagh, N. & Dass, S. (2013), ‘Case problems for problem based pedagogical approaches: a Comparative analysis.’, *Computers and Education* **64**, 161–164.
- Donnelly, R. (2010), ‘Harmonizing Technology With Interaction In Blended Problem-Based Learning.’, *Computers and Education* **54**(2), 350–359.
- Enemark, S., Kjaersdam, F. & Kjaersdam, F. (2009), A ABP na teoria e na prática: A experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário, in U. Araujo & G. Sastre", eds, ‘Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior’, Summus Editorial., São Paulo, pp. 17–41.
- Garbin, M. C., Cavalcanti, C. M. C. & Araújo, U. F. (2016), Design Thinking as a learning strategy for teachers training in higher education. In:, in ‘Congresso Internacional PBL2016 - Aprendizagem Baseada em Problemas e Metodologias Ativas de Aprendizagem: Inovações para o Ensino e a Aprendizagem.’, PBL2016 Anais., São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Gueiros, C. A. C., Fulini, D. T. S., Abreu, E. L. G., Jordão, L. G. C. & Mui, T. S. M. (2015), ‘Alternativa para prática de esporte sustentável.’.
- HCD-IDEO (2009), ‘Human Centered Design: Kit de ferramentas’.

URL: <http://www.ideo.com/work/human-centered-design-toolkit/>

- Jonassen, D. H. (2000), 'Toward a design theory of problem-solving', *Educational Technology Research and Development* **48**(4), 63–85.
- Jonassen, D. H. (2011), *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environment*, Routledge, New York, NY.
- Loureiro, A. C., Siqueira, B. R., Cavalcanti, C. M. C. & Garbin, M. C. (2016), O Design Thinking como suporte a aprendizagem no curso de Engenharia da UNIVESP, in 'Congresso Internacional PBL2016 - Aprendizagem Baseada em Problemas e Metodologias Ativas de Aprendizagem: Inovações para o Ensino e a Aprendizagem.', PBL2016 Anais., São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Loyolla, W., Araújo, U. F., Cavalcanti, C. M. C. & Garbin, M. C. (2016), Organização do trabalho pedagógico nos cursos de graduação da Univesp, in '22º Congresso Internacional de Educação Aberta e Distância ABED', Anais do 22º Congresso Internacional de Educação Aberta e Distância ABED., Águas de Lindóia.
- Meinel, C. & Leifer, L. (2011), *Design Thinking Research – Studying Co-Creation in Practice.*, Springer.
- Moesby, E. (2009), Perspectiva geral da introdução e implementação de um novo modelo educacional focado na aprendizagem baseada em projetos e problemas, in U. F. Araújo & G. Sastre, eds, 'Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior.', Summus Editorial, Sao Paulo, SP, pp. 43–78.
- Pegoraro, J. F., Barbosa, J. S., Joaquim, L. J. A., Piocoppi, L. O. & Oliveira, S. S. (2015), 'Estruturação da parada de ônibus do complexo social educacional amador a queiros em Barretos/SP.'
- Pirillo, N. R., Oliveira, E. T., Gara, E. B. M., Garbin, M. C. & Loyolla, W. P. D. C. (2016), O Design Thinking na formação de professores: possibilidade de aprendizagem ativa, in 'Congresso Internacional PBL2016 - Aprendizagem Baseada em Problemas e Metodologias Ativas de Aprendizagem: Inovações para o Ensino e a Aprendizagem.', PBL2016 Anais., São Paulo: Universidade de São Paul.
- Sawyer, R. K. (2006), 'Educating for innovation.', *Thinking Skills and Creativity* **1**(1), 41–48.
- URL:** <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871187105000052>
- Winters, N., Y., M. & Mor, Y. (2008), 'IDR: A participatory methodology for interdisciplinary design in technology enhanced learning.', *Computers & Education* **50**(2), 579–600.
- URL:** <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131507001157>

AFILIAÇÃO

Ulisses F. Araújo

Universidade de São Paulo (USP, Brasil

e-mail: uliarau@usp.br

Waldomiro Loyolla

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil

e-mail: wloyolla@univesp.br

Mônica C. Garbin

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil

e-mail: monica.garbin@univesp.br

Carolina Costa Cavalcanti

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil

e-mail: carolina.cavalcanti@cursos.univesp.br

Capítulo 5

Modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos para Cursos en Currículos de Educación Tradicional. Caso: Sistemas de Control

Liliana Fernández Samacá y José Miguel Ramírez Scarpetta

Resumen: Este capítulo describe un modelo de aprendizaje basado en proyectos (Project Based Learning PBL) como estrategia añadida en cursos en currículos de educación tradicional. El modelo considera para su desarrollo proyectos que toman como punto de partida la solución de problemas del contexto regional o circundante de la Universidad. Los problemas son abordados por equipos de estudiantes durante dos semestres y todas las actividades académicas y de evaluación se diseñan en concordancia con las etapas de ejecución del proyecto, considerando los conocimientos y las destrezas del área de aplicación, y el desarrollo de competencias suaves. El modelo propuesto se ha generalizado para ser aplicado en cualquier área o grupo de asignaturas de Ingeniería que quiera ser transformado a través del PBL, y los resultados aquí presentados toman como caso de estudio el área de sistemas de control automático con el fin de servir como ejemplo de la implementación del PBL, en cursos específicos que pertenecen a Currículos de Educación Tradicional. Para evaluar la aplicabilidad del modelo se comparan las experiencias desarrolladas en dos Universidades públicas colombianas ubicadas en diferentes regiones del país, con entornos industriales y sociales diversos.

5.1 Introducción

El diseño de Experiencias de Aprendizaje Basado en Proyectos (Project-Based Learning PBL) en Ingeniería para cursos específicos como ‘estrategia añadida’ (modo 1 de la implementación del PBL en currículos), ([Kolmos et al. 2016](#)), debe sobreponerse a la inercia de la educación centrada en el docente y la resistencia al cambio, aspectos que desfavorecen la estabilidad de los enfoques PBL propuestos y su permanencia en el tiempo. Uno de los mayores desafíos de los investigadores en PBL que desean utilizar éste enfoque educativo como estrategia en cursos o áreas específicas de un currículo de Educación Tradicional (ET), es ‘concebir un espacio PBL que se integre con el resto del currículo’ satisfaciendo los recursos de soporte que exige su implementación. Con el fin de contribuir a afrontar éste reto, este capítulo presenta un modelo PBL para Cursos en Currículos Tradicionales (CCT), que toma como caso de estudio los cursos de Control Automático de programas de Ingeniería.

5.1.1 De la Educación en Control

El control Automático es un área de formación transversal para el campo de la Ingeniería, la mayoría de planes de estudio incluyen cursos relacionados con los Sistemas de Control dentro de la formación disciplinar. Es común encontrar cursos con contenidos basados en Control Análogo y Digital en los programas de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, de Control Inteligente en Ingeniería de Sistemas o Informática, de Control de proceso en Ingeniería Química o de Control Robusto y Dinámica en Ingeniería Civil y Mecánica, incluso se cuenta con programas de Ingeniería enfocados a la formación en Control y la Automatización. Igualmente, la investigación, la innovación y el desarrollo de la Tecnología de Control son transversales a diferentes campos profesionales. Actualmente, se encuentran aplicaciones en áreas como la medicina, los procesos industriales, la industria automotriz y los sistemas económicos, entre otros, basta revisar el informe que sobre el tema publicó la Sociedad de Control de la IEEE, ([Samad & Annaswamy 2013](#)).

La Educación en Control es un caso de estudio interesante no solo por la transversalidad de sus temática sino por la integración de conocimientos que se hace a través

de su componente teórico, que exige una formación sólida en áreas básicas, especialmente en matemáticas y señales, y su componente práctico enfocado al desarrollo de habilidades técnicas que permitan su aplicación y el desarrollo de tecnología, donde las habilidades instrumentales cobran gran relevancia. Es así como desafíos analizados de forma particular para la educación en control, como garantizar una formación que satisfaga i) los requerimientos de la industria, ii) la necesidad de encontrar un equilibrio entre la educación en matemáticas y la educación en la disciplina (teoría y práctica) (Kheir et al. 1996), iii) el desarrollo de competencias suaves (Fernández-Samacá et al. 2012), iv) el uso de las TIC y los recursos soportados en la web (Dormido 2004), v) los requerimientos de los nuevos campos de investigación y vi) la solución de los problemas de forma interdisciplinar (Samad & Annaswamy 2011), resultan comunes a otros campos de la ingeniería e incluso a otras disciplinas.

De acuerdo con (Kheir et al. 1996), los conceptos básicos de la teoría de control son cuatro: modelado, análisis de estabilidad, realimentación y compensación. Sin embargo, en el ejercicio de la Ingeniería en el área de control, además de la construcción de éstos conceptos, se requiere tener en cuenta aspectos como el desarrollo de habilidades que faciliten el diseño, la incorporación y la gestión de la tecnología, el trabajo con otras disciplinas y el análisis del impacto social y ambiental de las soluciones, aspectos similares a los encontrados en otros campos de formación. Por lo que se hace necesario promover enfoques educativos orientados no solo al conocimiento particular de la disciplina sino al desarrollo de competencias suaves para la identificación de problemas, la formulación y gestión de proyectos, el desarrollo de capacidades para el trabajo en equipo, la gestión del tiempo y la información y la toma de decisiones, entre otras.

Adicionalmente, si se considera que el ejercicio profesional de la Ingeniería se relaciona con la ejecución de proyectos, donde el trabajo interdisciplinar, los recursos y el tiempo se convierten en elementos críticos, el PBL resulta un enfoque apropiado para satisfacer las necesidades de la formación en éste campo, porque estimula el aprendizaje significativo a través de ambientes de aprendizaje activo que favorecen el desarrollo de habilidades críticas, de gestión y de autoaprendizaje, las habilidades y el conocimiento interdisciplinario, la comunicación y la colaboración, y la identidad profesional, (Kolmos et al. 2008). En otras palabras, los cursos con PBL se convierten en escenarios que simulan las condiciones del desempeño profesional, lo que fortalece el proceso de enseñanza y aprendizaje en Ingeniería.

5.1.2 Métodos

Con el fin de enfrentar el reto de diseñar un modelo PBL para CCT, los investigadores desarrollaron enfoques PBL para los cursos del área de sistemas de control de los programas de Ingeniería Electrónica pertenecientes a dos Universidades públicas colombianas, la Universidad del Valle (UV), ubicada en el departamento del Valle del Cauca, y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), localizada en el departamento de Boyacá; respectivamente, en el suroccidente y centro oriente del país.

Cabe resaltar, que aunque las dos instituciones comparten similitudes, teniendo en cuenta su carácter estatal; por ser entidades autónomas, sus políticas académicas tienen diferencias y sus ubicaciones hacen que algunos rasgos culturales y sectores económicos circundantes también sean diferentes, lo que provee ‘un escenario interesante en la aplicación del modelo’.

Por ejemplo, la UV está ubicada en Cali a 1000m sobre el nivel del mar y el campus de la UPTC, donde se aplicó el modelo, está en Sogamoso a 2500m sobre el nivel del mar, lo que hace que la geografía de las ciudades sea diferente así como su economía y sectores industriales. El contexto circundante de la UV se caracteriza por cultivos en latifundios y un sector industrial representado por la transformación de la caña de azúcar y productos derivados como el papel; igualmente, cuenta con industrias de alimentos y de productos de cuidado personal, entre otros. Por su parte la UPTC, se encuentra en un contexto de producción agrícola de minifundios, donde se caracterizan los cultivos, de papa, maíz y cebada, el sector industrial se desarrolla alrededor de la minería, la producción de acero y cemento, la fabricación de laminados y algunas medianas empresas del sector alfarero y lácteo.

Por lo anterior, fue necesario definir enfoques educativos que se adapten a las necesidades particulares de los contextos, tomando como base criterios que orientan entre otros aspectos, la definición del problema, la ejecución del proyecto, las actividades académicas y las características de los recursos de aprendizaje, [Fernández-Samacá et al. \(2015\)](#).

Tomando como base la conceptualización del Modelo para cursos de control presentado en [Fernández-Samacá et al. \(2015\)](#) y la comparación de los enfoques diseñados, [Fernandez-Samacá et al. \(2014\)](#), a partir del ‘PBL alignment of elements in the curriculum’ propuesto por [Kolmos et al. \(2009\)](#) se generalizó un modelo PBL

para cursos específicos de currículos de Ingeniería que deseen implementar el PBL como estrategia añadida.

Para la construcción del modelo se definieron como entradas del mismo, los elementos del currículo tradicional; igualmente, se identificaron los actores participantes, y se definieron criterios para los enfoques o diseño de los cursos. El principal objetivo de ésta contribución es la comparación de los Enfoques PBL desarrollados para cursos de control, en dos escenarios diferentes, a partir de los criterios definidos por un modelo común. Adicionalmente, esta comparación es el marco de análisis para evaluar la aplicabilidad del modelo PBL para CCT, donde la información obtenida a partir de la observación de las actividades académicas relacionadas con la ejecución del proyecto y los resultados obtenidos en contribuciones anteriores, [Fernández-Samacá et al. \(2013\)](#) y [Fernández-Samacá et al. \(2012\)](#) permiten evidenciar sus fortalezas y limitaciones.

El resto del trabajo se organiza como sigue: la segunda sección presenta el modelo PBL generalizado para CCT, en la tercera sección se describen las características principales de los enfoques desarrollados en cada Universidad siguiendo el modelo, la cuarta sección muestra aspectos relacionados con la gestión del cambio y perspectivas futuras y; por último, la quinta sección presenta algunas observaciones y conclusiones del trabajo desarrollado.

5.2 Modelo PBL para cursos CCT

En la Figura 5.1 se muestra el Modelo PBL diseñado para CCT, como se observa el modelo mantiene la integración de los cursos seleccionados dentro del currículo de Educación Tradicional (ET) y su configuración involucra cuatro elementos i) las entradas, características del enfoque tradicional que se utilizan como insumos para el enfoque PBL; ii) los actores, miembros de la comunidad académica quienes participan en la aplicación del modelo y definición del enfoque, iii) las estrategias para crear un ambiente PBL en un currículo de ET, como mecanismos que facilitan la interacción entre el ambiente PBL y el resto del currículo; y iv) el Enfoque PBL o diseño del curso.

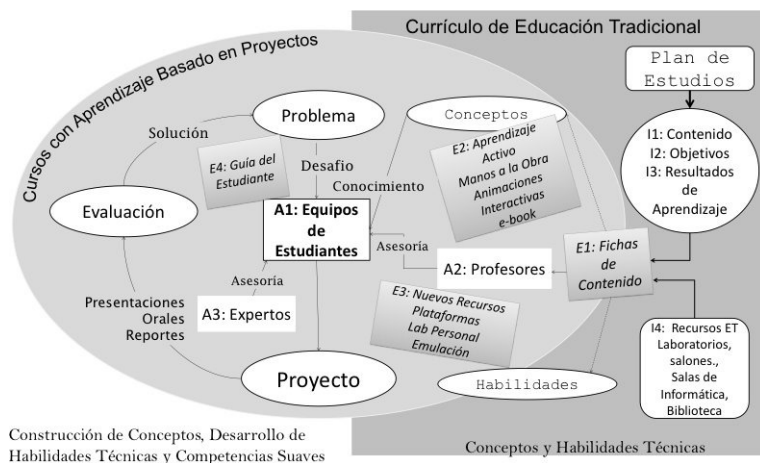


Fig. 5.1: Modelo PBL para CCT

5.2.1 Entradas del Modelo

Teniendo en cuenta que el modelo incorpora el PBL como estrategia añadida, éste considera como entradas todos aquellos elementos propios del currículo tradicional relacionados con los cursos que van a ser intervenidos. Una de las entradas más importantes para los nuevos cursos son los contenidos temáticos (Entrada 1, I1), definidos en el plan de estudios, que permiten la identificación de los conceptos que se desean abordar en los cursos, los cuales generalmente son tratados en los cursos tradicionales a través de clases de teóricas; y de habilidades, objetivo principal de las prácticas de laboratorios. Otros elementos de los cursos tradicionales que sirven como entradas son los objetivos (Entrada 2, I2) y las competencias o resultados de aprendizaje (Entrada 3, I3), estos direccionan el diseño de los cursos PBL y la evaluación del estudiante. Finalmente, los espacios de la educación tradicional como salones, salas de cómputo, laboratorios y bibliotecas, entre otros, se consideran dentro de las entradas del modelo (E4). En resumen, las entradas funcionan como puente entre el currículo tradicional y los cursos PBL, son mecanismos de anclaje de los nuevos cursos en el diseño original del currículo.

5.2.2 Actores del modelo

En el modelo se consideran tres actores principales, el equipo de estudiantes, el profesor y los expertos en los temas del problema y del proyecto. Un aspecto a tener en cuenta es que el modelo PBL se enfoca en los equipos de estudiantes (Actor 1, A1) en lugar del aprendizaje individual. Los profesores (Actor 2, A2) enfrentan nuevos roles como facilitadores, orientadores, expertos y diseñadores de experiencias de aprendizaje activo. Y finalmente, los expertos (Actor 3, A3) aparecen como un actor clave en el seguimiento a los proyectos, ya que desde su experiencia profesional, brindan asesoría para el conocimiento de los contextos, la identificación y el planteamiento del problema, y la propuesta de solución. Otros actores que podrían considerarse en la construcción de un modelo PBL, son los directivos académicos del programa, cuya inclusión daría una mayor garantía en la implementación del nuevo enfoque; sin embargo, teniendo en cuenta que generalmente el uso del PBL como estrategia añadida es promovido por los mismos docente de los cursos en los que se aplicará, los directivos no fueron considerados dentro del modelo propuesto para CCT.

5.2.3 Estrategias para diseñar un ambiente PBL en un currículo de ET

En la implementación del PBL en un curso específico es necesario definir estrategias que faciliten la construcción de un nuevo ambiente de aprendizaje, en donde el enfoque, las actividades y la interacción con nuevos recursos se orienten a satisfacer las necesidades de los equipos de estudiantes en el desarrollo del proyecto y la interacción entre los nuevos cursos PBL, y el resto del currículo.

La primera estrategia está relacionada con el contenido, el cual es considerado por el modelo PBL en lo que se ha denominado ‘Fichas de Contenido’ (Estrategia 1, E1). Estas fichas relacionan los temas a tratar con las competencias, los resultados de aprendizaje, los conceptos y las habilidades a desarrollar. Estas fichas no determinan un orden específico del contenido, cada tema debe ser estructurado de forma independiente como un conector lógico en el desarrollo del proyecto. Por

ejemplo, en el caso de proyectos de Ingeniería, no es posible implementar sin antes diseñar; por lo tanto, los resultados de aprendizaje relacionados con diseño podrían configurarse de manera independiente de los de implementación.

Una vez identificados los conceptos y las habilidades, estos se disponen como elementos del modelo. Como se observa en la Figura 5.1, los conceptos deben ser totalmente contruidos en el nuevo ambiente de aprendizaje PBL. Es allí donde se define la segunda estrategia, el diseño de ‘actividades de aprendizaje activo para construir los conceptos’ (Estrategia 2, E2), didácticas como actividades manos a la obra (Hands-On), talleres, debates, laboratorios y el diseño de material son el desafío más importante en este caso. Por su parte, las habilidades se ven en el modelo como un elemento que intersecta los dos enfoques, ya que se desarrollan a partir de las actividades de ejecución del proyecto (enfoque PBL) pero aprovechando los recursos disponibles en el currículo tradicional (e.g. las salas de cómputo y los espacios de Laboratorio), ver Figura 5.1. Teniendo en cuenta que una de las capacidades que se desea desarrollar en el estudiante a través del PBL, es la ‘autonomía’, el modelo incluye una tercera estrategia, el ‘diseño de nuevos recursos’ (Estrategia 3, E3), preferiblemente digitales o basados en la web que brinden facilidad de acceso y flexibilidad en horarios; es así como, los laboratorios virtuales y remotos, las plataformas especializadas y los nuevos kits de laboratorio aparecen como una opción interesante para aumentar las alternativas de experimentación.

Con el fin de mantener un canal de comunicación entre los nuevos cursos y el currículo tradicional aparece la cuarta y última estrategia, ‘la guía del estudiante’ (Estrategia, E4), este documento contiene los objetivos, la temática del curso, los resultados de aprendizaje, la descripción del enfoque PBL, la apreciación del aprendizaje y los instrumentos de evaluación, los proyectos a desarrollar y el soporte metodológico y físico disponible. La guía del estudiante se convierte en una hoja de ruta importante en la implementación del Enfoque por contener el problema planteado que detona el proceso de aprendizaje, los lineamientos generales para la ejecución del proyecto y el diseño de la evaluación.

5.2.4 Definición de los Enfoques PBL

Una vez se han identificado las entradas, los actores y las estrategias de interacción PBL-ET, el modelo contempla la definición de enfoques PBL que tienen como objetivo definir los elementos del currículo para los cursos. En busca de dar la flexibilidad que debe tener estos enfoques, ya que dependen fuertemente del contexto de las instituciones donde se desarrolla y aplica, el modelo define ocho criterios para su formulación, ver Tabla 5.1.

Cabe resaltar, que los Enfoques resultantes son la evidencia de aplicación del Modelo para CCT. En el caso de los sistemas de control, los autores han diseñado enfoques particulares para las instituciones participantes, (Fernández-Samacá et al. 2012) y han conceptualizado modelos específicos para ésta área como el presentado en Fernández-Samacá et al. (2015), el cual se definió a partir de dos dimensiones, la ‘Pedagógica’ que agrupa lo relacionado con el diseño de los Enfoques y la dimensión de ‘Infraestructura’ que se ocupa del diseño de recursos de soporte que satisfagan las necesidades de la aplicación del PBL en concordancia con sus principios y filosofía.

5.3 Aplicación del Modelo PBL para CCT

En esta sección se presenta la descripción de los Enfoques PBL diseñados para el caso de estudio escogido, los cursos de control de los programas de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle y de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estos enfoques han sido denominados, respectivamente, PBLUV y PBLUPTC, y para su descripción se ha tomado como base los criterios de la Tabla 5.1.

5.3.1 Criterio 1: la Definición del problema

Los problemas son definidos por los docentes antes de iniciar el curso y son registrados en la ‘Guía del Estudiante’. Con el fin de cumplir el Criterio 1 los profesores escogen problemas del entorno como el presentado en la Figura 5.2, que trata sobre

Tabla 5.1: Criterios para el Diseño de Enfoques PBL en CCT

Criterios
Criterio 1: el uso de diferentes tipos de problemas que se centren en el entorno próximo con el fin de convertir el contexto en un recurso de aprendizaje.
Criterio 2: la ejecución del proyecto por etapas orientadas por los resultados de aprendizaje, lo que facilita la construcción del conocimiento, el desarrollo de habilidades y la interconexión con el currículo de ET.
Criterio 3: el diseño de actividades de aprendizaje y recursos didácticos que ofrezcan un entorno de aprendizaje activo para los estudiantes y consolide un ambiente de aprendizaje PBL.
Criterio 4: la asesoría conjunta de profesores y expertos en los temas del proyecto con el fin garantizar un soporte colaborativo más allá de la tutoría del docente del curso.
Criterio 5: la planificación de las actividades académicas de acuerdo con la ejecución del proyecto, donde éste trabaja como eje central del desarrollo del curso.
Criterio 6: el trabajo en equipo no solo de los estudiantes sino de los docentes en el diseño y organización de las actividades del curso.
Criterio 7: el diseño o la utilización de nuevos recursos que fomenten la autogestión del proceso de aprendizaje y,
Criterio 8: la planificación y documentación a través del desarrollo de guías que permita orientar a los profesores y estudiantes en el enfoque, y que evidencien su relación con el resto del plan de estudios.

la automatización de un instrumento para pesar, muy común en los campos (zona rural) colombianos, especialmente en los pequeños cultivos de café.

Los recursos de experimentación también influyen en la definición del problema y en consecuencia los proyectos pueden utilizar como recurso principal para su ejecución, la emulación (simulación en tiempo real, (Fernández-Samacá et al. 2010)), la experimentación sobre un prototipo, o la construcción de uno nuevo.

5.3.2 Criterio 2: el Desarrollo del Proyecto

El proyecto es ejecutado en etapas durante dos semestres y el número de etapas es diferente en cada universidad. Para el primer semestre, el enfoque PBLUPTC considera tres etapas, la construcción del prototipo, el modelado del sistema y la

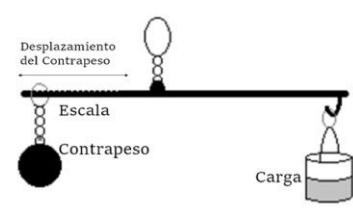
Problema #. Balanza Romana	
<p>En algunas zonas rurales de Boyacá se utiliza balanzas romanas para pesar las cosechas como la papa, el café y el maíz, entre otros. Esta balanza consta de una barra sujeta al punto de apoyo mediante un elemento móvil, en un extremo de la barra se dispone la carga y en el otro el contrapeso, el cual se desplaza sobre una escala hasta que el sistema quede en equilibrio, (Ver imagen). Diseñe un prototipo de balanza romana para hacer un desplazamiento automático del contrapeso.</p>	
Asesor Asociado: Liliانا Fernández	Tipo de Experimentación: Desarrollo de prototipo

Fig. 5.2: Criterio 1. Ejemplo de Problema propuesto

sintonización de controladores PID; por su parte, el modelo PBLUV utiliza cuatro etapas, la identificación de elementos, la obtención del modelo, el Análisis en el dominio del tiempo y la sintonización de controladores PID.

5.3.3 Criterio 3: Las actividades de Aprendizaje

En cuanto a las clases, el Criterio 3 establece la generación de nuevas didácticas y recursos; es así como se propone un modelo para el aprendizaje de conceptos basado en juegos en el salón de clase (actividades manos a la obra, Hands-On), (Fernández-Samacá & Ramírez 2011). Estos juegos se desarrollan en grupo a partir de una guía diseñada por el docente, la cual contiene las actividades a realizar y algunas preguntas de análisis, como restricciones se tiene el uso elementos de alta tecnología o de juegos por computador ya que las actividades buscan la interacción de los estudiantes entre sí alrededor de un desafío. Posteriormente, estos juegos fueron diseñados como animaciones interactivas disponibles en Internet, (Ramirez-Ramirez et al. 2013). Los dos tipos de recursos son utilizados actualmente, los primeros están orientados a motivar el aprendizaje de conceptos desde actividades diferentes a la clase tradicional, los segundos al desarrollo de habilidades técnicas y profesionales (e.g. entrenadores virtuales para la programación de controladores).

5.3.4 Criterio 4: la Asesoría

Los profesores llevan a cabo tutorías de acuerdo con los temas desarrollados en las actividades de aprendizaje y los entrenamientos en los laboratorios. Igualmente, los profesores contactan expertos en los temas de los proyectos con el fin de asesorar a los estudiantes en las especificidades de los procesos o contextos involucrados en el proyecto. Esto permite que los estudiantes fortalezcan sus capacidades comunicativas al interactuar con expertos de otras áreas y su capacidad para trabajar en equipos interdisciplinarios.

5.3.5 Criterio 5: el Proyecto como eje de las Actividades

Las tutorías, clases y actividades de evaluación son coordinadas de acuerdo con las etapas del proyecto como se muestra en la Figura 5.3. El proyecto se desarrolla en equipos de dos o tres estudiantes y el tiempo dedicado a su ejecución depende del número de créditos académicos de los cursos (en Colombia, un crédito académico equivale a 48 horas de trabajo del estudiante por semestre). En el enfoque PBLUV, los estudiantes dedican 128 horas por semestre a las actividades relacionadas con el proyecto y en el enfoque PBLUPTC, 96 horas. Las horas de evaluación no están incluidas.

5.3.6 Criterio 6: los profesores trabajan en equipo

Los profesores del área preparan conjuntamente las actividades de aprendizaje y las actividades de evaluación relacionadas con el proyecto. En el caso de las actividades de aprendizaje que involucren juegos u otro tipo de experiencia, los profesores las desarrollan previamente entre el grupo de docentes y realizan los ajustes necesarios de acuerdo con las observaciones y sugerencias recibidas de sus colegas. Igualmente, el contenido y los lineamientos de los formatos de evaluación se discute antes de su aplicación. Algunas de las actividades del salón de clase son acompañadas por más de un profesor y en algunos casos se agrupan estudiantes de los dos niveles de control en una misma actividad; de esta manera, los estudiantes tienen la oportu-

5 PBL para currículo tradicional

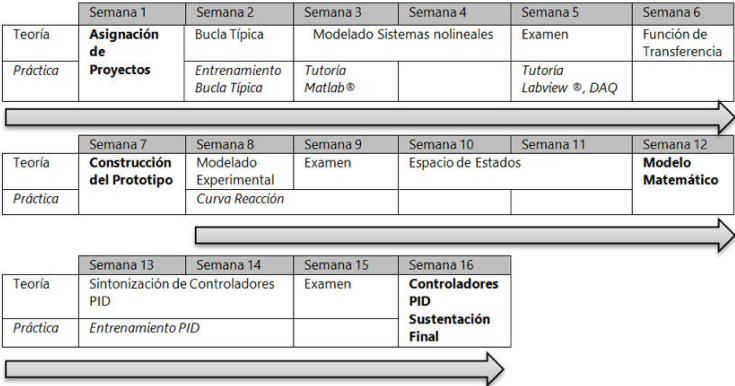


Fig. 5.3: Criterio 5. Ejemplo de programación de actividades de acuerdo con la ejecución del proyecto

nidad de aprender de sus pares. En la UV los cursos PBL son desarrollados por dos profesores en cada nivel, uno para la teoría y otro para el laboratorio. En la UPTC hay un profesor por cada curso y un monitor (estudiante de último semestre) que orienta los laboratorios.

5.3.7 Criterio 7: Recursos que fomenten la Autogestión

Uno de los principales desafíos del uso del PBL como estrategia añadida es implementar los enfoques en un ambiente de educación tradicional; por lo tanto, se hace necesario diseñar nuevos recursos de acuerdo con las necesidades de la ejecución del proyecto. Teniendo en cuenta que el PBL provee un entorno de aprendizaje que además de los conceptos y las habilidades técnicas involucra también el desarrollo de competencias suaves, es necesario diseñar recursos que faciliten la gestión del tiempo y la información, a los que los estudiantes puedan acceder fácilmente de acuerdo con la planeación que han realizado. Los recursos soportados en la Web y los recursos locales portátiles se convierten en el complemento perfecto a los espacios de laboratorio de la Educación Tradicional.

Es así como para la implementación del PBL en los cursos de Control, se desarrollaron diferentes recursos a través de un proyecto de investigación, (Ramírez-

Scarpetta 2015), financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS -entidad estatal encargada de la promoción y gestión de la investigación en Colombia-, en la que participaron investigadores de la Universidad del Valle y de la UPTC. La Tabla 5.2 presenta los recursos desarrollados.

Tabla 5.2: Recursos desarrollados para los Enfoques PBL

	Local	Remoto
Real	R3: Laboratorio Personal	R5: Plataformas de experimentación remotas
	R2: Diseño de Prototipos	
Simulados	R3: E-book	R6: Animaciones Interactivas
	Modelos de sistemas en	R7 Simuladores y Analizadores
	R4: Easy Java	
		R8: Herramientas de Emulación

Los recursos han sido clasificados de acuerdo con la topología propuesta por (Dormido 2004)).

Como recursos locales se tienen el Laboratorio personal (R1), (Plazas 2015) su portabilidad y reconfiguración en diferentes tipos de sistemas facilita la experimentación en cualquier momento y lugar; los prototipos diseñados (R2), su construcción hace que funcionen como un banco de laboratorio para los proyectos; el libro electrónico (R3), (Ramírez-Scarpetta 2015), diseñado con un enfoque de proyectos, incluye mapas conceptuales y animaciones de conceptos de control que facilitan su comprensión; por último, los Modelos de Sistemas en EasyJava (R4), (Ramírez-Scarpetta 2015), útiles en las clases de modelado de sistemas no lineales para representar de forma interactiva los comportamientos de sistemas complejos, actualmente se desarrollan para Android; de esta manera, los teléfonos inteligentes (smartphones) de los estudiantes se convierten en un recurso de experimentación adicional.

Como recursos reales de acceso a través de Internet se construyeron plataformas de Experimentación remota (R3) que recrean dinámicas de casos de estudio de los sistemas de control (Rodríguez-Díaz et al. 2014) o de ambientes industriales; son

versátiles porque pueden ser compartidas con otras Universidades aumentando así los recursos disponibles.

Y finalmente, como recursos simulados de acceso remoto se tienen las animaciones interactivas de actividades ‘Hands-On’, ([Ramírez-Ramírez et al. 2013](#)), que facilitan el aprendizaje de conceptos (R6), algunas también están disponibles en el libro electrónico; el simulador y el analizador de sistemas dinámicos (R7) y la herramienta de emulación (R8) ([Ruiz Olaya & Franco Mejía 2015](#)) que permite simular en ‘tiempo real’ sistemas que no están disponibles físicamente; adicionalmente, esta herramienta permite conectar Hardware en línea con la simulación de un modelo, ([Fernández-Samacá et al. 2010](#)).

5.3.8 Criterio 8: Planificación y Documentación

La ‘Guía del Estudiante’ contiene el diseño de los cursos, es la carta de navegación para estudiantes y profesores en el ambiente PBL diseñado, allí se encuentran los problemas, la planeación del curso, las etapas del proyecto, las sesiones de entrenamiento y tutoría, las fechas de los avances del proyecto y la evaluación final. Igualmente, dependiendo del enfoque diseñado, considera aspectos como las estrategias para la conformación de equipos, la rotación de proyectos entre los equipos para propiciar actividades de coevaluación, los lineamientos de los reportes y entregas, y la evaluación de los estudiantes. El diseño de las actividades tiene en cuenta tanto la promoción y evaluación de los conocimientos y las destrezas disciplinares, como el desarrollo de las competencias suaves. Por ejemplo, una presentación pública sobre los resultados de una etapa del proyecto, en la que se verifica el diseño y la implementación de controladores, es utilizada a la vez para observar la capacidad comunicativa (argumentación, manejo del público, etc.) de los estudiantes. La documentación también incluye manuales de uso de las plataformas desarrolladas, plantillas para generar la guía de los estudiantes, las fichas de contenido que funcionan como una guía para el docente, los estados del arte de la educación en control y el desarrollo de herramientas de experimentación.

La Tabla 5.3 resume los principales elementos de los enfoques según los criterios de diseño.

Tabla 5.3: Comparación de Enfoques PBL

Criterios	PBLUV	PBLUPTC
Criterio 1	Casos de estudio y retos del contexto	
Criterio 2	Cuatro Etapas: la Identificación de elementos, la Obtención del modelo, el Análisis en el dominio del tiempo y la Sintonización de controladores PID	Tres Etapas: la Construcción del prototipo, el Modelado del sistema y la Sintonización de controladores PID
Criterio 3	Actividades Hands-On	Clases magistrales y Actividades Hands-On
Criterio 4	Un profesor para la teoría y otro para la práctica, Expertos en los temas del proyecto	Un profesor para la teoría y un monitor para la práctica los temas del proyecto
Criterio 5	Rotación de proyectos Proyectos ejecutado por etapas en dos semestres	No hay rotación de proyectos
Criterio 6	Diseño soportado por el Grupo de Investigación en Control Industrial GICI.	Diseño soportado por el Grupo de Investigación en Procesamiento de señales DSP-UPTC.
Criterio 7	Plataformas de emulación Libro electrónico, Plantas prototipo didácticas Experimentación remota y Laboratorio portátil Simulación interactiva de dinámicas no lineales	Plantas construidas por estudiante
Criterio 8	Guía del estudiante, formatos de evaluación y fichas de contenido	

5.4 Implementación, gestión del cambio y perspectivas futuras

La formalización del enfoque PBL en UV se dio en el año 2008 y en la UPTC en el 2011. El proceso de cambio se motivó por la retroalimentación de empleadores y egresados sobre el proceso de formación, el estado del arte del área a nivel internacional y los resultados de los procesos de acreditación de los programas, en los que se evidenció la necesidad de renovar los cursos de control con el fin de promover una educación pertinente para afrontar las necesidades del contexto en una sociedad de conocimiento globalizada.

Como antecedentes importantes en la construcción de los enfoques y la consolidación del Modelo para cursos de Control ([Fernández-Samacá et al. 2015](#)) se han

5 PBL para currículo tradicional

realizado dos proyectos de Investigación (Ramírez-Scarpetta 2008, 2015), este último fue desarrollado conjuntamente por las dos instituciones. Los resultados estos proyectos muestran como los estudiantes alcanzaron mejores desempeños académicos en los cursos PBL en comparación con los cursos con Enseñanza Tradicional - comparación que se realizó en cursos orientados por el mismo docente-, (Fernandez-Samaca & Ramírez 2010). Igualmente, sobre el desarrollo de habilidades suaves o blandas, la percepción de los participantes determinó que los cursos con PBL estimulan de mejor manera las capacidades de comunicación oral y escrita, el trabajo en equipo, la resolución de problemas, el autoaprendizaje, la recursividad y la creatividad (Fernández-Samacá et al. 2012).

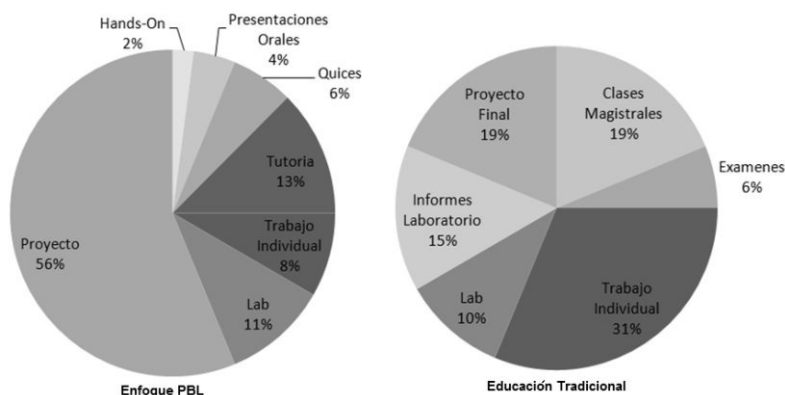


Fig. 5.4: Comparación de la distribución del tiempo para un curso PBL y un curso ET.

En cuanto a la programación de los cursos y la distribución de tareas, los investigadores compararon el tiempo dedicado a cada tarea realizada en los cursos PBL con el dedicado a tareas similares en los cursos tradicionales desarrollados antes de la implementación del nuevo enfoque, cambios importantes fueron observados en la carga de trabajo de los estudiantes, ver Figura 5.4. En los cursos con PBL, el tiempo dedicado al proyecto es tres veces el tiempo destinado en los cursos ET, el trabajo individual se redujo a una cuarta parte y las clases magistrales fueron reemplazadas por tutorías, actividades Hands-On y las entregas de los estudiantes. El tiempo para

los entrenamientos en el laboratorio de los cursos de ET se mantuvo similar en los cursos PBL.

Dado que el cambio fue motivado desde los profesores del área y para el área, el desarrollo del enfoque y su aplicación puede considerarse exitosa, (Fernández-Samacá et al. 2013). Sin embargo, teniendo en cuenta que el modelo es solo para cursos de un área disciplinar dentro de un programa de Ingeniería Electrónica, su inserción dentro del currículo de Educación Tradicional ha sido uno de los mayores desafíos para los investigadores y su mayor contribución, en Fernández-Samacá et al. (2015) se puede consultar el modelo conceptualizado para la aplicación del PBL en cursos específicos en al área de control. Actualmente, en las dos Universidades se desarrollan etapas de sensibilización con docentes y estudiantes hacia el diseño de currículos PBL para los programas de Ingeniería.

5.5 Observaciones y Conclusiones

Se definió un modelo para la aplicación del PBL como estrategia añadida que se basa en la aplicación de ocho criterios relacionados con la definición del problema, la ejecución del proyecto, la asesoría del docente, el trabajo en equipo de los profesores, el diseño de nuevos recursos y la orientación al estudiante. El modelo toma las diferencias en los contextos de las instituciones como una ventaja en la definición de los problemas y la orientación de los proyectos. Igualmente, propone estrategias para facilitar la interacción con el resto del currículo y el diseño de recursos que fortalezcan al ambiente PBL de los cursos.

El diseño de los recursos de soporte tiene en cuenta aspectos en torno al acceso, buscando que los estudiantes puedan gestionar los nuevos recursos a través de Internet según sus necesidades. Así, las plantas reales están disponibles como plataformas de experimentación remota, las plataformas de emulación permiten observar el comportamiento de sistemas físicamente no disponibles, y las animaciones interactivas, los simuladores y las herramientas de análisis facilitan el entendimiento de conceptos. Los equipos de estudiantes tienen la potestad en el uso de estas herramientas de acuerdo con las necesidades de sus proyectos, contribuyendo así a fomentar el desarrollo de competencias suaves, especialmente, las relacionadas con

la autonomía como la toma de decisiones, la gestión de la información y del tiempo, el autoaprendizaje y la identificación y resolución de problemas.

El modelo PBL diseñado tiene en cuenta elementos y recursos del currículo tradicional como insumos del modelo, lo que facilita su implementación como estrategia añadida en cursos CCT. La comparación de los enfoques demuestra la flexibilidad del modelo para ser aplicado en diferentes contextos y su potencial de adaptación a diferentes áreas de la formación.

Referencias

- Dormido, S. (2004), 'Control learning: present and future.', *Annual Reviews in Control* **28**, 115–136.
- Fernandez-Samaca, L. & Ramírez, J. M. (2010), An approach to applying Project-Based Learning in engineering courses, Technical report.
- Fernández-Samacá, L. & Ramírez, J. M. (2011), 'Learning control concepts in a fun way.', *Intenational Journal of Engineeirng Education* **27**, 187–199.
- Fernández-Samacá, L., Ramírez, J. M., Franco, E. & Rodriguez, O. . (2015), PBL Model for Single Courses of Control Education., in 'International Joint Conference on the Learner in Engineering Education (IJCLEE 2015)', San Sebastian, España.
- Fernandez-Samacá, L., Ramirez, J. M., Franco, E. & Rodríguez, O. O. (2014), Project-Based Learning Environment for Control System Education, in 'Project Approaches for Engineering Education, PAEE 2014. Universidad Pontificia Bolivariana', Medellín, Colombia:.
- Fernández-Samacá, L., Ramírez, J. M. & Orozco-Gutierrez, M. L. (2012), 'Project-based learning approach for control system courses.', *Sba: Controle & Automacao/poundso Sociedade Brasileira de Automatica* **23**, 94–107.
- Fernández-Samacá, L., Ramírez, J. M. & Vásquez, J. E. (2013), 'Assessing the impact of project-based learning in engineering courses by using multiple correspondence analysis.', *Revista Ingeniería y Competitividad* **15**.
- Fernández-Samacá, L., Ramírez Scarpetta, J. M. & Orozco-Gutierrez, M. L. (2010), 'Emulation and remote experimentation as support resources in a PBL approach

- for control systems.’, *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, pp. 194–202.
- Kheir, N. A., Astrom, K. J., Auslander, D., Cheok, K. C., Franklin, G. F., Masten, M. & Rabins, M. (1996), ‘Control systems engineering education’, *Automatica* **32**, 147–166.
- Kolmos, A., Du, X., Holgaard, J. E. & Jensen, L. P. (2008), *Facilitation in a PBL environment*, Aalborg: UNESCO Chair in Problem Based Learning.
- Kolmos, A., Graaff, E. D. & Du, X. (2009), ‘Diversity of PBL- PBL learning principles and models’.
- Kolmos, A., Hadgraft, R. G. & Holgaard, J. E. (2016), ‘Response strategies for curriculum change in engineering’, *International Journal of Technology and Design Education* **26**(3), 391–411.
- Plazas, R. (2015), Recursos de experimentación locales y portables para el aprendizaje basado en proyectos de sistemas de control, Technical report, .Magister en Ingeniería, énfasis en Automática, Universidad del Valle.
- Ramirez-Ramirez, M., Ramirez-Scarpetta, J. M. & Fernandez-Samaca, L. (2013), Interactive animations for learning by playing concepts of control systems., in ‘Control & Automation (MED), 2013 21st Mediterranean Conference on, 25-28 June 2013’, pp. 573–577.
- Ramírez-Scarpetta, J. M. (2008), Informe Final Proyecto de Investigación No. 234-2005 .Plataforma de Procesamiento Distribuido, con acceso Remoto Multiusuario Y Emulación de Sistemas Dinámicos para Investigación Y Educación en Ingeniería., Technical report.
- Ramírez-Scarpetta, J. M. (2015), ‘Informe Final Proyecto de Investigación No. 401-2011. Entorno de Aprendizaje Basado en Proyectos para Sistemas deControl.’.
- Rodríguez-Díaz, O. O., Samacá, L. F. & Estupiñán, S. (2014), Herramienta virtual empleando enfoque PBL para la enseñanza del control automático en Ingeniería., in ‘Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2014’.
- Ruiz Olaya, D. & Franco Mejía, E. (2015), ‘Herramienta de emulación de sistemas dinámicos a través de internet.’, *Revista Tecnura* **19**, 103–113.
- Samad, T. & Annaswamy, A. (2013), ‘New Edition of CSS’s "The Impact of Control Technology" Report [Publication Activities].’, *IEEE Control Systems* **33**, 21–21.

Samad, T. & Annaswamy, A. M. (2011), 'The Impact of Control Technology', *IEEE Control Systems Society* .

URL: www.ieeecss.org

AFILIACIONES

Liliana Fernández-Samacá

Grupo de Investigación en Procesamiento de Señales DSP-UPTC

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

e-mail: liliana.fernandez@uptc.edu.co

José Miguel Ramírez Scarpetta

Grupo de Investigación en Control Industrial GICI

Universidad del Valle, Colombia

e-mail: jose.ramirez@correounivalle.edu.co

Capítulo 6

Aplicación de Just-in-Time Teaching con ABP en cursos de Ingeniería

Matías Recabarren y Claudio Álvarez

Resumen Diversos estudios en educación superior han demostrado los efectos positivos en el aprendizaje que derivan del uso de metodologías centradas en el estudiante. Si bien la enseñanza de las ciencias y la ingeniería se han visto beneficiadas por estas metodologías, el proceso de selección y adopción de una nueva metodología de enseñanza debe observar las particularidades del contexto educacional en donde será aplicada. Las habilidades de resolución de problemas son fundamentales en la formación de los ingenieros y en este sentido el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) resulta propicio para que los estudiantes de ingeniería puedan adquirir conocimientos fundamentales y ponerlos en práctica en escenarios realistas de aplicación. Aun así, la integración del ABP ha sido lenta y poco regular en las metodologías de enseñanza de la ingeniería, lo que a juicio de los docentes se debe a barreras principalmente relacionadas al uso de recursos, tanto humanos (tiempo) como de infraestructura. En este trabajo analizamos la implementación de una metodología Just-in-Time Teaching con ABP en dos cursos de ingeniería relacionados con programación computacional. Este análisis comprende un tiempo prolongado de implementación lo que permite estudiar como se comportan las barreras antes descritas en el mediano plazo. Es así como mostramos que una implementación de metodologías de esta índole coordinadas por las autoridades de una institución puede, en el mediano plazo, reducir la dedicación de tiempo del docente y el uso de infraestructura, a su vez que mejora el aprendizaje. Adicionalmente, el análisis de las intervenciones realizadas permite presentar consideraciones relevantes que se deben tener en cuenta al momento del diseño de estas metodologías,

no siendo siempre factible transferir en forma íntegra una experiencia positiva de un curso a otro.

6.1 Introducción y Motivación

En los últimos años ha existido un gran interés por cambiar las metodologías para la enseñanza de la ingeniería (Borrego et al. 2010, Litzinger et al. 2011), tanto por cambios en las competencias requeridas por los futuros ingenieros (Felder 2011) como por modificación del perfil de ingreso de los estudiantes (Borrego & Bernhard 2011, Wilson & Gerber 2008). Dentro de estas innovaciones metodológicas han destacado aquellas que buscan involucrar al estudiante de manera activa en su proceso de aprendizaje, consiguiendo resultados positivos particularmente en la comprensión de conceptos y en la capacidad para resolver problemas (Crouch & Mazur 2001, Deslauriers et al. 2011). Diversas metodologías cumplen las características antes expuestas (Freeman et al. 2014, Prince & Felder 2006), siendo el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) una de las más recurrentes para la enseñanza de la ingeniería.

La Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes en Chile no ha sido ajena a la situación antes descrita, y desde el año 2012 ha desarrollado un cambio paulatino en sus metodologías de enseñanza para la carrera de ingeniería, basándose en Just-in-Time Teaching (Novak et al. 2004) junto con ABP. Los principales objetivos buscados con estas innovaciones metodológicas eran mejorar las tasas de aprobación de los cursos, aumentar la motivación y participación de los estudiantes, y apoyar la organización del trabajo de los estudiantes fuera de las horas presenciales.

En las siguientes secciones presentamos las fundaciones teóricas y características generales del modelo de JiTT y ABP (en adelante, JiTT+ABP) que ha sido implementado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes, y la descripción de su implementación en cursos de ingeniería enfocados en la programación con herramientas computacionales. Luego, presentamos los resultados obtenidos de la evaluación del modelo, seguidos por un análisis y discusión de las experiencias de implementación. Finalmente, presentamos algunas perspectivas de trabajo futuro.

6.2 Marco teórico y descripción general del modelo JiTT+ABP para Ingeniería

De acuerdo con la taxonomía de modelos de ABP formulada por (Barrows 1986), los modelos de ABP pueden clasificarse de acuerdo al nivel de estructuración de los problemas, y el nivel de autonomía que los estudiantes desarrollan al resolverlos. Existe variación considerable de estos atributos de ABP entre distintas disciplinas y dominios de conocimiento (Hung 2011, Jonassen & Hung 2008). Por ejemplo, en las escuelas de medicina son comunes las actividades de ABP con problemas del tipo diagnóstico-solución (Jonassen 2000), y el conocimiento para resolver estos problemas se caracteriza por tener una estructura enciclopédica, de manera que el orden en que los conceptos son cubiertos por el aprendiz no está necesariamente predefinido, y el aprendiz logra resolver los problemas incluso sin tener dominio profundo sobre alguno de los elementos presentes en la formulación de la solución. En cambio, en dominios de la ingeniería y las ciencias exactas, los conocimientos requieren estudiarse y aprenderse de acuerdo a dependencias jerárquicas que siguen un ordenamiento estricto (Perrenet et al. 2000), tanto a nivel micro, vale decir, de unidades temáticas dentro de los cursos, como a nivel macro, relativo a las dependencias que existen entre cursos y ciclos formativos del plan de estudios.

La enseñanza de lenguajes de programación ha adquirido una gran relevancia en el contexto actual de la educación en ingeniería, dada la masiva disponibilidad de recursos y herramientas computacionales aprovechables en prácticamente todas las subdisciplinas, y el gran potencial de las herramientas computacionales para asistir a los ingenieros en la resolución de problemas de creciente complejidad y sofisticación. En los cursos de programación los estudiantes de ingeniería deben desarrollar un conjunto de habilidades cognitivas y meta-cognitivas orientadas a resolver problemas a través del pensamiento computacional y la programación (Robins et al. 2003). El aprendizaje de lenguajes de programación se asemeja al aprendizaje de conocimientos de otras áreas de la ingeniería y las ciencias exactas, debido a que la programación debe aprenderse de acuerdo al ordenamiento jerarquizado de los conocimientos y habilidades necesarias. El proceso de aprendizaje supone la continua ejercitación de conocimientos factuales, como los lexemas, las palabras clave y las construcciones gramaticales válidas de los lenguajes de programación, así como también conocimientos conceptuales necesarios para construir representaciones in-

ternas de los problemas y sus soluciones (Lahtinen et al. 2005). Esto incluye la representación de datos utilizando variables, la construcción de estructuras de decisión, iteración y recursión, el uso de estructuras de datos y la definición de funciones. Asimismo, la resolución de problemas a través de la programación computacional conlleva el desarrollo de habilidades superiores del pensamiento, mayormente analíticas y creativas, incluyendo la descomposición de problemas complejos en sub-problemas, el diseño de algoritmos para resolverlos, y la capacidad de traducir eficazmente las representaciones internas de los algoritmos en código sintáctica y semánticamente válido en el lenguaje de programación. Los estudiantes se hacen más hábiles para programar en la medida que adquieren y articulan eficazmente todos estos conocimientos, y construyen sus propias esquematizaciones reutilizables para enfrentar nuevos problemas con mayor eficiencia (Perrenet et al. 2000).

Debido a lo anterior, el carácter socio-constructivista del ABP es propicio para facilitar al aprendiz la adquisición y articulación de los múltiples conocimientos involucrados en la habilidad de programar, a través de múltiples experiencias de resolución de problemas. Sin embargo, crítico para el éxito de ABP en este contexto es considerar que la complejidad de los problemas debe estar nivelada de acuerdo a las capacidades de los estudiantes (Van de Pol & Elbers 2013), y que las experiencias de aprendizaje deben secuenciarse respetando el ordenamiento jerárquico de los conocimientos necesarios. Asimismo, el uso de problemas débilmente estructurados o no estructurados con intención de que los estudiantes aprendan a través de ellos nuevos conceptos de programación puede causar una gran carga cognitiva a los estudiantes, y una respuesta socio-emocional mal adaptativa ante un desafío de aprendizaje mayor (Kirschner et al. 2006). Esto ocurre porque los problemas con menor estructura requieren a los estudiantes dedicar parte significativa de su capacidad cognitiva a comprender el problema y representarlo, y por otro lado, dedicar en forma paralela capacidad cognitiva para comprender y aplicar nuevos conceptos de programación al problema. En este proceso pueden ocurrir múltiples impases (Tawfik et al. 2015). Si éstos son desatendidos y no supervisados adecuadamente, los estudiantes con menores recursos volitivos, motivación y capacidades autorregulatorias pueden fracasar rápidamente (Jeffrey 2009, Wijnia et al. 2011). En consecuencia, el dominio de los conocimientos fundamentales de programación requiere una trayectoria de aprendizaje gradual, con adecuada nivelación de la dificultad y

complejidad de los problemas en cada momento, y con problemas más estructurados que deben acompañarse por andamiajes adecuados, especialmente, al iniciar el aprendizaje de nuevos conceptos.

En la práctica de nuevos conceptos de programación a través de problemas en las actividades de ABP presenciales se logran mejores resultados maximizando la dedicación personalizada del tiempo del docente a los estudiantes – sin perjudicar su autonomía – (Kirschner et al. 2006), y como ya se ha mencionado, permitiendo que los estudiantes progresen resolviendo problemas variados y de complejidad creciente. En forma similar a los contextos de ABP más tradicionales, el rol del docente es el de guiar y facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, y lo puede ejercer de muchas maneras, por ejemplo, aclarando a los estudiantes detalles y requisitos de los problemas planteados, ayudándolos a superar comprensiones erróneas sobre conceptos, entregándoles retroalimentación sobre el trabajo que están realizando, y llamándolos a reflexionar y discutir sobre sus estrategias cognitivas y meta-cognitivas al enfrentar los problemas (Van de Pol et al. 2011)

Otro aspecto relevante con respecto a la gestión del tiempo, es la dedicación de los estudiantes al curso fuera del aula. Bajo un enfoque tradicional academicista, el docente transmite el conocimiento a los estudiantes durante el tiempo lectivo, y los estudiantes no tienen oportunidad de aplicar el conocimiento resolviendo problemas. En cambio, la implementación de actividades de resolución de problemas en clases supone que los estudiantes deben dedicar tiempo fuera de la clase a estudiar el contenido teórico, para aplicarlo en el contexto presencial. La metodología de diseño instruccional conocida como Just-in-Time Teaching (JiTT), o “Aprendizaje Justo a Tiempo” (Novak et al. 2004) facilita establecer un proceso instruccional que responde a la distribución de tiempo requerida. Bajo JiTT los estudiantes estudian días antes de la clase presencial contenidos publicados en línea, como vídeos, capítulos de libro o tutoriales, y se someten a una evaluación en línea que tiene doble propósito; en primer lugar, espolea a los estudiantes para que estudien antes de la clase, y en segundo lugar, permite al docente advertir aquellos tópicos en donde los estudiantes tienen mayor debilidad. En la clase el docente puede dedicar tiempo a atender las comprensiones erróneas de los estudiantes y responder sus dudas sobre los aspectos teóricos, instándolos a resolver problemas en grupos pequeños para ejercitar los conocimientos y las habilidades pertinentes.

Una vez que los estudiantes han desarrollado competencia y autonomía en la aplicación de habilidades de programación para resolver problemas estructurados durante el tiempo lectivo, es fundamental que puedan integrar estas habilidades y aplicarlas a problemas de ingeniería, siendo ésta la competencia fundamental que se espera que los estudiantes de ingeniería desarrollen en un curso de programación. Es por ello que en forma paralela al trabajo en aula se hace necesario que los estudiantes resuelvan problemas de acuerdo con la filosofía pedagógica de ABP, es decir, problemas que guarden mayor fidelidad al contexto real de aplicación (Litzinger et al. 2011). Los proyectos en equipo son una buena manera de lograr esto, dado que los problemas en que se basan los proyectos son menos estructurados y exigen la aplicación de múltiples habilidades, no sólo aquellas estrictamente curriculares, sino también habilidades de planificación, comunicación, coordinación y colaboración.

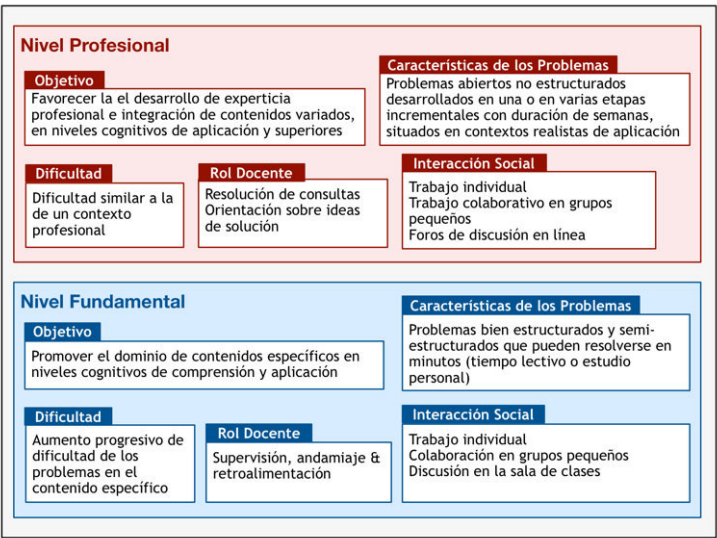


Fig. 6.1: Dos niveles de ABP para educación en Ingeniería

Si bien la enseñanza de la programación ha sido nuestro principal caso de estudio en la implementación del modelo JiTT+ABP, consideramos que las condiciones epistemológicas y pedagógicas descritas en este escenario son extrapolables

a la enseñanza de otras asignaturas en ingeniería. Vale decir, un enfoque de enseñanza basado en ABP para ingeniería requiere considerar el aprendizaje como un proceso en dos niveles (ver Figura 6.1): un Nivel Fundamental, formativo, que promueve la construcción del conocimiento en los tres niveles cognitivos inferiores de la taxonomía de Bloom, i.e., recuerdo, comprensión y aplicación (Bloom 1956, Swart 2010), y que por consiguiente incluye el aprendizaje de conocimientos factuales, conceptuales y procedimentales básicos. Los estudiantes adquieren estos conocimientos a través del estudio personal y la resolución de problemas estructurados en forma individual o grupal, con supervisión, andamiajes y retroalimentación del docente en la sala de clases. Esto requiere la adecuada preparación de los contenidos teóricos por parte de los estudiantes con anterioridad a las clases, lo cual es posible lograr mediante el proceso de la metodología JiTT. Por otro lado, podemos considerar un Nivel Profesional en el que los estudiantes desarrollan experticia a través de la resolución de problemas abiertos no estructurados que requieren la integración de conocimientos variados y contextualizados en aplicaciones reales de la ingeniería, encontrándose estos procesos vinculados al desarrollo de los niveles cognitivos de aplicación y superiores en la taxonomía de Bloom. Si bien el Nivel Profesional tiende a asemejarse a las concepciones más puras del ABP, y en ciertas disciplinas estas actividades por sí solas podrían resultar suficientes para favorecer el aprendizaje, nuestra postura es que el aprendizaje en dos niveles ofrece a los estudiantes de ingeniería un proceso de aprendizaje que considera la organización altamente jerarquizada del conocimiento en las distintas disciplinas y las capacidades cognitivas y meta-cognitivas de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

6.3 Implementación del Modelo en Cursos de Ingeniería

La Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes ofrece un currículum de ingeniería con duración de once semestres, el cual permite a los estudiantes optar a uno de cinco títulos profesionales en Ingeniería: Industrial, Obras Civiles, Eléctrica, Computación y Ambiental. El curso de Introducción a la Computación (en adelante, “Programación”) tiene duración semestral y una carga académica de seis créditos del sistema de créditos transferibles chileno (SCT), que equivalen a seis créditos del sistema europeo (ECTS), es decir, 180 horas de dedi-

cación del estudiante durante un semestre de 18 semanas. Desde 2013 el curso se ha implementado bajo el enfoque del modelo JiTT+ABP, con ciertas variaciones en el contenido curricular. En los años 2013 y 2014 se enseñaban lenguajes Java y Python, y desde 2014 en adelante solamente lenguaje Python. El curso se ha dictado en cuatro a cinco secciones paralelas de 40 a 60 estudiantes novicios, y una o dos secciones para estudiantes repitentes en el semestre siguiente.

El curso de Bases de Datos Aplicadas (en adelante “Bases de Datos”), es obligatorio para los estudiantes de las especialidades de Computación e Industrial, y también es semestral y tiene una carga académica de cinco créditos SCT. El curso enseña los fundamentos de diseño, implementación y utilización de bases de datos relacionales, y utiliza el sistema de bases de datos PostgreSQL como herramienta para la aplicación de los conocimientos vistos y la resolución de problemas. El curso se ha mantenido estable y sin modificaciones mayores en lo relativo al contenido curricular y diseño instruccional desde el semestre 2 de 2012. La Tabla 6.1 presenta datos de ambos cursos ya descritos, en cada semestre en donde se ha implementado una estrategia de aprendizaje basado en problemas.

Tabla 6.1: Año de estudios correspondiente a cada curso, junto a la cantidad de estudiantes y el número de secciones por semestre en que se ha dictado el curso con los cambios descritos

Información de los Cursos				Cantidad de Estudiantes por Semestre (# secciones)						
Curso	Año	Carrera	Dedicación semanal	2012-2	2013-1	2013-2	2014-1	2014-2	2015-1	2015-2
Bases de Datos	3		8.3 h	57 (1)	68 (1)	44 (1)	85 (1)	65 (1)	55 (1)	60 (1)
Introducción a la Programación	1		10 h	N.I.	78 (2)	186 (3)	91 (2)	202 (3)	107 (2)	200 (4)

Con anterioridad a la implementación de JiTT+ABP en los cursos de Programación y Bases de Datos, estos cursos eran dictados en la forma tradicional, con dos sesiones semanales presenciales de 100 minutos cada una en las que el docente

realizaba clases expositivas. El sistema de evaluación en el curso de Programación consistía en dos pruebas parciales y un examen, junto con varias tareas que los estudiantes debían desarrollar individualmente. En el curso de Bases de Datos, el sistema de evaluación era muy similar, con la diferencia de que los estudiantes realizaban un proyecto grupal durante el semestre en vez de las tareas individuales.

La Figura 6.1 ilustra el diseño instruccional de los cursos de Bases de Datos (a) y Programación (b) incorporando el flujo de trabajo basado en JiTT+ABP, con actividades de resolución de problemas en la clase y fuera de ella, a través de un proyecto grupal semestral en el caso del curso de Bases de Datos, y tareas individuales en el caso de Programación. En ambos cursos el tiempo del semestre está subdividido en sesiones. Una sesión toma una o dos semanas, y abarca una unidad de contenidos del curso con actividades previas a la clase presencial (estudio personal, revisión de vídeos, tutoriales, evaluación en línea), actividades de resolución de problemas en el tiempo en la sala de clases (“problemas guiados”), y en el caso del curso de Programación, problemas evaluados en el laboratorio de computación.

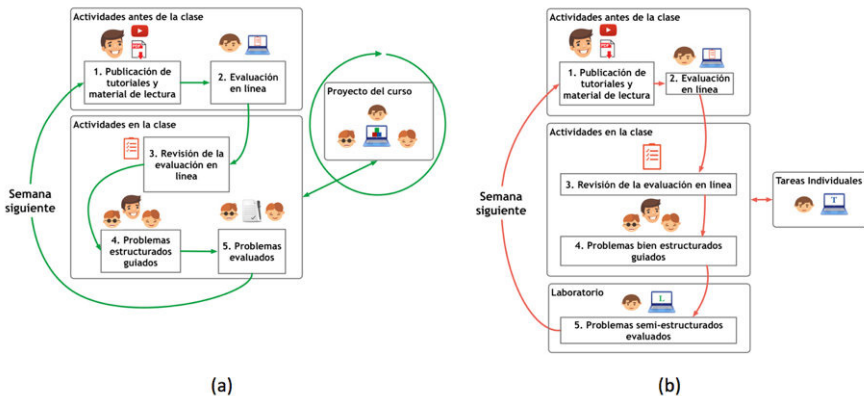


Fig. 6.2: Diseño instruccional por sesión semanal de (a) Curso de Bases de Datos, y (b) Curso de Programación

En el curso de Bases de Datos, la sesión presencial se realiza una vez por semana y tiene una duración de 150 minutos. En los primeros 30 minutos el docente revisa los resultados de la evaluación en línea previa a la clase, y refuerza los contenidos en donde los estudiantes han mostrado las mayores debilidades. En los siguientes 120

minutos, los estudiantes trabajan en grupos pequeños resolviendo problemas con lápiz y papel, de dificultad creciente, siendo los primeros problemas introductorios, de menor dificultad, y los últimos más complejos y parte de la evaluación del curso. Mientras los estudiantes trabajan en la sala de clases resolviendo los problemas, el docente y un ayudante (un estudiante de cursos superiores) recorren la sala de clases atendiendo dudas o inquietudes de los grupos sobre los contenidos necesarios para resolverlos. Los problemas guiados toman un tiempo de entre 10 y 25 minutos, tiempo al cabo del cual el docente discute una solución canónica con los estudiantes, y aclara sus dudas e inquietudes. Los problemas evaluados no son discutidos en la clase presencial por razones de tiempo, pero las soluciones canónicas son publicadas para su revisión por los estudiantes fuera de la clase.

En forma paralela a las clases presenciales, los estudiantes organizados en grupos desarrollan el proyecto del curso, el cual se basa en el planteamiento de un problema general, por ejemplo, diseñar e implementar el sistema de bases de datos de una clínica, o el de una cadena hotelera. La solución de este tipo de problema requiere desarrollo en varias etapas sucesivas, con duración de dos a tres semanas cada una; incluyendo la definición de un modelo entidad-relación, la normalización del modelo, su implementación en PostgreSQL, la construcción de una serie de consultas a la base de datos creada, y el desarrollo de una aplicación en lenguaje de programación Python para interactuar con la base de datos. Como es evidente, los problemas en que se basa el proyecto del curso requieren la integración de los distintos conocimientos vistos en el curso, con una complejidad cada vez mayor y admiten distintas soluciones.

En el curso de Programación, la metodología de las clases presenciales ha guardado semejanza con las clases del curso de Bases de Datos. Las clases comienzan con la revisión de la evaluación en línea y el reforzamiento de los contenidos en donde los estudiantes han mostrado mayores debilidades. Luego, los estudiantes resuelven una serie de problemas de complejidad creciente, en forma individual, en parejas o en grupos de tres estudiantes. Cada problema tiene una duración de entre 10 y 25 minutos, con posterior discusión de la solución canónica, guiada por el docente. En el laboratorio los estudiantes desarrollan problemas en forma individual y el objetivo es que demuestren capacidad de resolver problemas menos estructurados y más complejos que los realizados durante las clases, y que puedan resolverlos en forma autónoma. Finalmente, las tareas individuales del curso tienen una duración

de dos a tres semanas y están basadas en problemas de mayor exigencia, pero bien definidos, por lo que para el estudiante la mayor complejidad es la de pensar y articular representaciones adecuadas de los problemas y diseñar algoritmos adecuados para las soluciones. Dado que los contenidos del curso de Programación tienen una estructura jerárquica y acumulativa, los estudiantes deben aplicar e integrar en cada tarea individual los conocimientos vistos recientemente con mayor profundidad, y apoyarse también en todos los contenidos anteriormente vistos. Preferimos tareas individuales a tareas grupales, debido a que las tareas grupales requieren que los grupos puedan autorregularse en forma adecuada, por ejemplo, consensuando y ejecutando una justa y equitativa división del trabajo, y planificando y coordinando adecuadamente las actividades y contribuciones de sus miembros en el tiempo. Esto es difícil de lograr con alumnos de primer año que no tienen experiencia colaborando en la resolución de problemas de programación. En cambio, en el curso de Bases de Datos los alumnos tienen mayor experiencia y madurez al respecto. En el curso de Bases de Datos, como incentivo para la división justa del trabajo entre los miembros de los grupos de proyecto, se incorpora la autoevaluación cruzada en el grupo; es decir, los integrantes evalúan a sus compañeros y esto repercute en la calificación que finalmente obtienen en las sucesivas etapas del proyecto.

6.4 Resultados de la Implementación

Como mencionamos anteriormente, diversos estudios muestran que las estrategias de enseñanza basadas en la investigación (Research-Based Instructional Strategies, RBIS por sus siglas en inglés) pueden mejorar los resultados académicos de los estudiantes. Sin embargo, en las instituciones de educación superior y por cierto en las escuelas de ingeniería es común encontrar resistencia a la innovación docente por parte de los distintos estamentos que participan en el proceso, incluyendo tanto a estudiantes como docentes ([Borrego et al. 2010](#), [Froyd et al. 2013](#), [Henderson & Dancy 2008](#)). Por estas razones es importante realizar análisis de implementaciones de RBIS por un periodo de tiempo extendido, considerando los múltiples aspectos que influyen en las decisiones de innovación metodológica. Siguiendo esta línea, a continuación presentamos un análisis de la metodología de JiTT+ABP antes descrita, considerando 7 semestres de implementación, entre el año 2012 y 2015. El

análisis se focaliza en el tiempo de dedicación a los cursos con esta metodología tanto de profesores como de estudiantes, revisando adicionalmente la evaluación que hacen los estudiantes de los cursos, y sus resultados académicos.

Tabla 6.2: Estimación de horas de dedicación de los docentes para cada semestre obtenida en base a entrevistas abiertas con ellos. La columna 0 se refiere al último semestre con metodología antigua, mientras la columna N indica el tiempo de dedicación en horas para el último semestre con metodología JiTT+PBL.

Actividad	Programación				Bases de Datos			
	0	1	2	N	0	1	2	N
Clases presenciales	192	128	192	128	64	48	48	48
Preparación Clases	64	96	32	16	64	48	16	16
Preparación Material de Estudio	16	120	24	12	16	120	24	12
Preparación Tareas/Proyecto	30	30	30	18	12	20	24	24
Preparación Evaluaciones	24	8	8	56	24	8	8	8
Presenciales Atención de estudiantes fuera de clases	96	64	96	128	16	32	32	32
Total Semestral (16 semanas)	422	446	382	358	196	276	152	140
Cantidad de Docentes en secciones paralelas	3	2	3	4	1	1	1	1
Promedio semanal por docente	8.8	13.9	8	5.6	12.3	17.3	9.5	8.8
Diferencia con base (X-0)		58.5%	-9.5%	-36.4%		40.8%	-22.4%	-28.6%

Según Froyd et al. (2013) una de las principales barreras que los profesores en Ingeniería esgrimen para no implementar RBIS es el aumento en el tiempo que deberían dedicar al curso. En vista que el tiempo de los profesores es el principal recurso de las universidades, toda iniciativa de cambio metodológico debiera analizar esta variable.

De esta forma, la Tabla 6.2 presenta una estimación de la dedicación de horas de los docentes a los cursos intervenidos. En la fila ‘Diferencia con base (X-0)’ de la tabla puede apreciarse como el primer semestre de implementación de la metodología JiTT+ABP (columna ‘1’) se requirió una dedicación cercana a un 50% superior de la dedicación con la metodología anterior (columna ‘0’). Además se observa que las horas de dedicación del docente se van reduciendo con el paso de los semestres, hasta ser inferior que el tiempo requerido para la metodología original (columna ‘N’). El aumento de dedicación en la implementación inicial de la metodología se debe principalmente al desarrollo del material de apoyo, donde se estimaron 10 horas de dedicación para la preparación de cada sesión, tiempo que después se reduce de manera drástica, dado que este material es reutilizado los siguientes semestres. A su vez, la reducción posterior se debe principalmente al cambio en el esquema de horas presenciales, reduciendo la cantidad de horas de clases del docente, así como el tiempo en su preparación. Es importante destacar, que para el caso del curso de Programación siempre existió coordinación y cooperación entre los docentes, vale decir, los docentes han desarrollado conjuntamente el material y las evaluaciones, reduciendo con esto los tiempos de dedicación requeridos.

En el análisis anterior no se consideraron las horas de corrección de las actividades formativas y sumativas, ya que en todos estos casos estas fueron realizadas por ayudantes de los profesores (principalmente alumnos de años superiores). Tal como se explicó en la sección 3, la metodología utilizada implica un aumento considerable en la cantidad de actividades que realiza cada estudiante, y también un aumento en el tiempo requerido para la corrección de estas. Dado que para esta experiencia se utilizan alumnos ayudantes, este aumento de tiempo en corrección no impacta en un aumento de tiempo de dedicación del profesor, pero sí en un aumento del gasto requerido para la realización de los cursos.

La dedicación al curso por parte de los estudiantes puede evaluarse en función de las actividades que deben realizar y el tiempo que tomaría a un estudiante promedio realizar dichas actividades. Tal como se presenta en la Tabla 6.1, el curso de

Programación tiene una dedicación planificada de 10 horas semanales (180 horas semestrales), mientras que Bases de Datos tiene 8.3 horas semanales (150 horas semestrales). Estos valores son por diseño del plan de estudios, y se toman como restricción para el diseño instruccional de los cursos. Al comparar el tiempo de dedicación de los estudiantes en la metodología previa con la nueva metodología JiTT+ABP, si bien no hay variación en el tiempo semestral de dedicación de los estudiantes, sí hay un cambio importante en la forma cómo se distribuye la dedicación de tiempo, pasando de una distribución dispareja entre semanas, concentrándose alta carga en las semanas de evaluaciones, a una distribución constante entre las semanas, dado el diseño de la metodología JiTT+ABP. Este cambio en la distribución obliga al alumno a planificarse adecuadamente y a mejorar sus estrategias meta-cognitivas.

La motivación de los estudiantes y la actitud hacia metodologías como JiTT y ABP, donde ellos toman mayor responsabilidad sobre su aprendizaje, es otro de los factores que influyen en la decisión de implementación de las RBIS. Es así, como estudios previos muestran a la resistencia de los estudiantes como una de las causas importantes que argumentan los docentes para no realizar cambios metodológicos en sus cursos de ingeniería (Froyd et al. 2013). Es por ello que al comienzo de esta implementación realizamos un estudio de percepción de los estudiantes respecto de las características que debía cumplir un curso considerado por ellos como ideal. Los resultados detallados de este estudio se encuentran en Recabarren et al. (2015), siendo la principal conclusión que si bien previo a enfrentarse a esta metodología ellos prefieren un curso con una metodología tradicional, una vez que participan de estas sus preferencias cambian, especialmente aumentando su preferencia por una participación más activa en clases como lo es con la metodología ABP. Complementariamente, en la primera aplicación de la metodología JiTT+ABP en el curso de Bases de Datos, al finalizar el curso se realizó una encuesta escrita anónima a los estudiantes donde se les preguntó si quisieran tener otros cursos de ingeniería con esta metodología, estando un 77

En este mismo aspecto, los docentes tienden a actuar de manera aprensiva, temiendo una baja en sus evaluaciones de desempeño realizadas por los estudiantes si realizan innovaciones metodológicas (Felder 2011). La Tabla 6.3 muestra el resultado de las evaluaciones docentes antes y después de implementar los cambios metodológicos, evidenciando que no hay mayores variaciones entre los semestres,

manteniéndose ambos cursos con promedios de evaluación docente superiores al promedio de la Facultad.

Tabla 6.3: Resultados de la evaluación realizada por los estudiantes a los docentes en cada semestre para cada una de las secciones de los cursos evaluados. La escala de notas es de 1 a 7.

Semestre	Bases de Datos		Programación	
	Metodología	Evaluación	Metodología	Evaluación
2011-2	Tradicional	6.0	Tradicional	5.8 - 6.1
2012-1	Tradicional	4.3	Tradicional	6.5 - 5.3
2012-2	JiTT+ABP	6.3	Tradicional	6.1 - 6.5 - 6.4
2013-1	JiTT+ABP	6.0	JiTT+ABP	6.6 - 6.5
2013-2	JiTT+ABP	6.0	JiTT+ABP	6.6 - 6.5 - 6.2
2014-1	JiTT+ABP	5.6	JiTT+ABP	6.5 - 6.5
2014-2	JiTT+ABP	6.1	JiTT+ABP	5.7 - 5.9 - 6.8
2015-1	JiTT+ABP	5.8	JiTT+ABP	5.5 - 6.6
2015-2	JiTT+ABP	5.9	JiTT+ABP	6.3 - 6.2 - 5.7 - 5.5

La mejora del aprendizaje es uno de los principales objetivos de las innovaciones metodológicas en toda institución educacional. Sin embargo, medir el efecto que provoca un cambio en la estrategia de enseñanza en el aprendizaje es una tarea difícil, dada la cantidad de factores externos que influyen en los resultados. Entre la metodología tradicional y la JiTT+ABP aplicada, ha habido cambios importantes en el sistema de calificación, por lo que hacer una comparación utilizando el promedio obtenido por los estudiantes no resulta adecuado. Por ello, el análisis más relevante en este contexto es la aprobación de los estudiantes, ya que esto mide si los estudiantes lograron alcanzar los objetivos de aprendizaje definidos para el curso. En este aspecto hay diferencias entre ambos cursos estudiados. En el caso de Bases de Datos, la reprobación histórica del curso previo a la intervención fluctuaba entre 5% y el 15% de los estudiantes. Con la aplicación de la nueva metodología la reprobación se ha mantenido en el mismo rango, siendo valores esperables y razonables para estos cursos. Por su parte, el curso de Programación se ha caracterizado por su dificultad, dado que es un curso que realizan los estudiantes en su primer año, y la mayoría de los estudiantes no cuenta con una formación previa. La Tabla 6.4

muestra los resultados de reprobación de este curso. Se puede apreciar que si bien no hay estabilidad en los resultados de reprobación con la metodología JiTT+ABP, en general se consiguen mejores resultados de aprobación que con la metodología tradicional. De todas formas, la inestabilidad presentada deja un espacio importante aún para mejorar, ya que valores razonables de reprobación de este curso estarían en torno al 20%.

Tabla 6.4: Resultados de aprobación y reprobación del curso Programación en los últimos años. En la fila Metodología, T implica metodología Tradicional y N la nueva metodología con JiTT+ABP

	2011-1	2011-2	2012-1	2012-2	2013-1	2013-2	2014-1	2014-2	2015-1	2015-2
Metodología	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N
# Alumnos	119	175	109	168	78	186	91	202	107	200
Reprobación (%)	61.3	57.7	40.4	60.7	32.1	37.6	30.8	46.0	50.5	28.0

Vale destacar que en ambos cursos se ha realizado una mayor profundización de los contenidos gracias a la metodología JiTT+ABP implementada, por lo que mantener los mismos valores de reprobación es un aspecto positivo, aunque aún hay espacio para mejorar.

6.5 Discusión

La metodología implementada incorpora un conjunto de evaluaciones formativas semanales. La literatura generalmente hace la distinción entre evaluación sumativa y formativa; la primera tiene como objetivo medir el aprendizaje del estudiante y asignarle una calificación, mientras que la segunda tiene como propósito retroalimentar al estudiante y al docente, de manera que el docente pueda adaptar su enseñanza al estado de aprendizaje de los estudiantes. Siendo el involucramiento y la participación activa del estudiante en el aprendizaje condiciones de importancia mayor para la implantación exitosa de una metodología basada en ABP, es necesario considerar que no todos los estudiantes poseen una fuerte motivación intrínseca por

aprender, y en consecuencia es necesario definir incentivos que conduzcan a los estudiantes a asumir un mayor compromiso con su aprendizaje. En las intervenciones presentadas se utilizó la calificación como el incentivo directo, dando a toda actividad del curso un grado de ponderación en la calificación final del estudiante, aunque siempre manteniendo un mayor valor para las evaluaciones sumativas.

Al comparar los resultados de aprendizaje en ambos cursos vemos logros diferentes, pudiendo calificar la intervención en el curso Bases de Datos como exitosa, mientras que en el caso de Programación si bien hay mejoras no se ha alcanzado los resultados esperados. No podemos definir exactamente cuáles son las causas de dichas diferencias, pero hipotetizamos que podrían ser dos:

1. El curso de Programación es para los estudiantes de primer año, mientras el curso de Bases de Datos lo realizan en tercero y cuarto año. Es esperable mayores dificultades para los novatos de tomar responsabilidad de su propio aprendizaje, dado el estilo academicista de la educación escolar en Chile.
2. Los objetivos de aprendizaje del curso de Programación parecen estar alejados de los conocimientos y capacidades que poseen previamente la mayoría de los estudiantes, dificultando su acercamiento personal al contenido. De esta forma, las actividades de ABP en las sesiones presenciales no logran enfocarse en el desarrollo de la comprensión y aplicación de lo aprendido previamente, sino que terminan siendo una explicación de los conceptos más básicos, dado que el estudiante no fue capaz de capturarlos por sí sólo. Distinto es el caso de Bases de Datos, ya que el estudiante que realiza este curso cuenta con experiencias similares previas, incluso el mismo curso de Programación es requisito para éste.

De esta forma, creemos que las causas antes descritas llevan a que el trabajo en el aula no alcance la profundidad esperada y se pierda así la oportunidad para el docente de guiar y facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Como mencionamos en un comienzo, es crítico para conseguir los resultados favorables del ABP que la complejidad de los problemas se nivele de acuerdo a las capacidades de los estudiantes, lo que en el caso del curso de Programación no estaría sucediendo, dado que las capacidades que logran desarrollar previamente los estudiantes en muchos casos son inferiores a las consideradas al momento del diseño de los problemas.

Uno de los aspectos más destacables de este trabajo ha sido conseguir una reducción del uso de los recursos principales de la institución (tiempo de docentes e

infraestructura). Esta reducción ha sido posible gracias a la participación directa de las autoridades en el proceso de intervención metodológica, quienes en conjunto con los docentes han permitido darle continuidad a los cambios y considerar la necesidad de tiempo inicial como una inversión. La realización de una intervención de esta índole como un esfuerzo personal implica un gasto de tiempo y un riesgo individual para el docente, que en general no le permite llegar al punto donde se reduce la dedicación, generando una experiencia no necesariamente positiva, la cual se difunde entre otros docentes haciendo aun más difícil motivarlos para que innoven. Es el trabajo conjunto entre autoridades y docentes el que entrega continuidad a las intervenciones metodológicas permitiendo aprender de ellas y ajustarlas para mejorar sus resultados.

6.6 Trabajo Futuro

El diseño metodológico lo entendemos como un proceso dinámico y constante, que nos obliga a estar permanentemente monitoreando los resultados y realizando ajustes. Es así como actualmente estamos planificando nuevos cambios en el curso de Programación que permitan a los estudiantes aprovechar en plenitud los beneficios del ABP, para lo cuál debemos buscar que lleguen mejor preparados a las actividades donde este se realiza. Para ello planificamos cambiar el orden de las actividades dentro de una semana, comenzando la sesión con una actividad presencial de introducción a los conceptos principales, para luego seguir con el trabajo online y finalmente la actividad de ABP.

La participación directa de las autoridades de la Facultad en estas intervenciones ha permitido promoverlas dentro de los docentes de la carrera, consiguiendo que otros cursos hayan comenzado a incorporar en sus metodologías algunas prácticas de JiTT y ABP. Es así como la Facultad ha considerado el desarrollo de material de cursos como una actividad válida dentro del plan de trabajo anual de los docentes, de modo de entregarles el tiempo requerido para ello, considerando esto como una inversión para las innovaciones metodológicas. En este mismo aspecto, queda como trabajo futuro generar una estructura que permita organizar adecuadamente el material desarrollado para los diferentes cursos y así darle continuidad a su utilización.

6.7 Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile (CONICYT) a través del proyecto FI-11130067.

Referencias

- Barrows, H. S. (1986), ‘A taxonomy of problem-based learning methods’, **20**, 481–486.
- Bloom, B. (1956), ‘Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1: Cognitive Domain’.
- Borrego, M. & Bernhard, J. (2011), ‘The Emergence of Engineering Education Research as an Internationally Connected Field of Inquiry’, *Journal of Engineering Education* **100**(1), 14–47.
- Borrego, M., Froyd, J. E. & Hall, T. S. (2010), ‘Diffusion of Engineering Education Innovations: A Survey of Awareness and Adoption Rates in U.S. Engineering Departments’, *Journal of Engineering Education* **99**(3), 185–207.
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2011), ‘Peer Instruction: Ten years of experience and results’, *American Journal of Physics* **69**(970)
- Deslauriers, L., Schelew, E. & Wieman, C. (2011), ‘Improved learning in a large-enrollment physics class.’, *Science* (332), 862–864.
- Felder, R. (2011), ‘Random Thoughts . . .’, *Chemical Engineering Education*, **45**(2), 131–132.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014), ‘Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics’, *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America* **111**(23), 8410–8415.
- Froyd, J. E., Borrego, M., Cutler, S., Henderson, C. & Prince, M. J. (2013), ‘Estimates of Use of Research-Based Instructional Strategies in Core Electrical or Computer Engineering Courses.’, *IEEE Transactions on Education*, **56**(4), 393–399.

- Henderson, C. & Dancy, M. (2008), 'Physics faculty and educational researchers: Divergent expectations as barriers to the diffusion of innovations', *American Journal of Physics*, **76**(1), 79.
- Hung, W. (2011), 'Theory to reality: a few issues in implementing problem-based learning.', *Educational Technology Research and Development* **59**(4), 529–552.
URL: <http://doi.org/10.1007/s11423-011-9198-1>
- Jeffrey, L. M. (2009), 'Learning orientations: Diversity in higher education.', *Learning and Individual Differences* **19**(2), 195–208.
- Jonassen, D. H. (2000), 'Toward a design theory of problem-solving', *Educational Technology Research and Development* **48**(4), 63–85.
- Jonassen, D. H. & Hung, W. (2008), 'All problems are not equal: Implications for problem-based learning. I', *nterdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* **2**(2), 6–28.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006), 'Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching', *Educational psychologist* **41**(2), 75–86.
- Lahtinen, E., Ala-Mutka, K. & Järvinen, H. M. (2005), 'A study of the difficulties of novice programmers.', *ACM SIGCSE Bulletin* **37**(3), 14–18.
- Litzinger, T. b., Lattuca, L., Hadgraft, R., Newstetter, W., Alley, M., Atman, C., DiBiasio, D., Finelli, C., Diefes-Dux, H., Kolmos, A., Riley, D., Sheppard, S., Weimer, M. & Yasuhara, K. (2011), 'Engineering education and the development of expertise', *Journal of Engineering Education* **100**(1), 123–150.
- Novak, G. M., Gavrín, A. & Patterson, E. T. (2004), 'Just-in-time teaching', *Volume IV: What Works, What Matters, What Lasts. Project Kaleidoscope.* .
- Perrenet, J. C., Bouhuijs, P. A. J. & Smits, J. G. M. M. (2000), 'The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice', *Teaching in higher education* **5**(3), 345–358.
- Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006), 'Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases', *Journal of Engineering Education* **95**(2), 123–138.
- Recabarren, M., Álvarez, C. & Díaz, M. I. . (2015), Modifying the student's resistance towards active learning with more active-learning, in 'Proceedings of the 122nd Annual ASEE Conference', Seattle, WA, USA.

- Robins, A., Rountree, J. & Rountree, N. (2003), 'Learning and teaching programming: A review and discussion', *Computer science education* **13**(2), 137–172.
- Swart, A. J. (2010), 'Evaluation of Final Examination Papers in Engineering: A Case Study Using Bloom's Taxonomy.', *IEEE Transactions on Education* **53**(2), 257–264.
- Tawfik, A. A., Rong, H. & Choi, I. (2015), 'Failing to learn: towards a unified design approach for failure-based learning.', *Educational Technology Research and Development* **63**(6), 975–994.
- Van de Pol, J. & Elbers (2013), 'Scaffolding student learning: A micro-analysis of teacher-student interaction', *Learning, Culture and Social Interaction* **2**(1), 32–41.
- Van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2011), 'Patterns of contingent teaching in teacher-student interaction', *Learning and Instruction* **21**(1), 46–57.
- Wijnia, L., Loyens, S. M. M. & Derous, E. (2011), 'Investigating effects of problem-based versus lecture-based learning environments on student motivation', *Contemporary Educational Psychology* **36**(2), 101–113.
- Wilson, M. & Gerber, L. E. (2008), 'How generational theory can improve teaching: Strategies for working with the millennials', *Currents in Teaching and Learning* **1**(1), 29–44.

AFILIACIONES

Matías Recabarren

Universidad de los Andes, Chile

e-mail: mrecabarren@miuandes.cl

Claudio Álvarez

Universidad de los Andes, Chile

e-mail: calvarezl@miuandes.cl

Capítulo 7

Projetos de Sistemas Sustentáveis de Produção no Curso de Graduação de Engenharia de Produção da UnB

João Mello da Silva, Simone Borges Simão Monteiro

João Carlos Félix Souza e Ana Carla Bittencourt Reis

Resumo Consequência da pesquisa por abordagens inovadoras realizada pela comissão de professores da UnB instituída para elaborar o projeto pedagógico do Curso de Graduação de Engenharia de Produção (*CGEP/UnB*) conduziu à implantação de um modelo de Aprendizado Baseado em Problemas com Soluções via Projetos (*PBL*) que enfatiza a produção de serviços em sistemas sustentáveis de produção. Os conteúdos de Síntese, Integração e Empreendedorismo, que constituem a linha mestre da estrutura curricular do *CGEP/UnB*, contemplam um núcleo conceitual básico, oito Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade (*PAI*), dois Projetos de Graduação e Estágios. Nas oito disciplinas metodológicas de projeto associadas aos *PAI* tem havido a utilização crescente de modelos híbridos de desenvolvimento de projetos sustentáveis, contemplando aspectos formais das metodologias tradicionais e de agilidade dos métodos ágeis. Duas disciplinas pré-requisito da primeira disciplina metodológica de projeto incluem resenhas de publicações que têm Sustentabilidade como direcionador, desenvolvidas como projetos em equipe. Desafios englobam o efetivo engajamento de todos os envolvidos em atividades inerentes ao *PBL* e no desenvolvimento de instrumentos de avaliação que permitam avaliar o desempenho de estudantes em projetos, como também da maturidade ou prontidão de estudantes, professores e do próprio *CGEP/UnB* em temas relativos à sustentabilidade. A interface do *CGEP/UnB* com o Mestrado Profissional em Computação Aplicada (*MPCA*), concentração em Gestão de Riscos, em que os estudantes de graduação executam atividades de consolidação de dados sob a orientação de estudantes do *MPCA* explicita a fusão das atividades de ensino, pesquisa e extensão propiciada

pela abordagem PBL.

7.1 Introdução

O Curso de Graduação de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (CGEP/UnB), com aulas no período tem suas 3.600 horas de atividades distribuídas em doze semestres de fluxo. Com início no semestre 2/2009, a admissão de 50 novos alunos por semestre resultou em um total de cerca de 600 alunos.

O modelo de PBL implantado na UnB enfatiza a atuação do egresso na produção de serviços em sistemas sustentáveis de produção. Os conteúdos de Síntese, Integração e Empreendedorismo configuram seis blocos na linha mestre da estrutura curricular do CGEP/UnB: Núcleo Conceitual, Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade (PAI), Estágio Supervisionado Obrigatório, Projetos de Graduação 1 e 2 e Atividades Complementares.

No âmbito de itens metodológicos dos PAI, tem crescido a utilização de modelos híbridos de desenvolvimento de projetos, contemplando aspectos formais das metodologias tradicionais e de agilidade dos métodos ágeis [Silva J. M. da et al. \(2016\)](#), [Santos F. H. S. et al. \(2016\)](#).

Ligado ao conceito de resiliência de [Holling \(2001\)](#), sustentabilidade pode ser entendida como a habilidade de sistemas com propósito em manter sua estabilidade e responder a impactos endógenos e exógenos, assegurando sua permanência e reprodutividade, mesmo sob novas conformações. Sustentabilidade tem-se constituído em eixo condutor não só dos PAI, como também de disciplinas básicas [Silva J. M. da et al. \(2013, 2016\)](#).

A efetiva fusão de ensino, pesquisa e extensão está sendo implementada pela interface do CGEP/UnB com o Mestrado Profissional em Computação Aplicada (MPCA), concentração em Gestão de Riscos ([Silva J. M. da et al. 2016](#)). A característica principal do MPCA é a obrigatoriedade de a dissertação (*pesquisa*) estar associada à solução de um problema real de entidade de origem do mestrando (*extensão*). Os estudantes de graduação executam a consolidação de dados sob a orientação dos mestrandos. Os alunos de pós-graduação, além de terem os resultados de

consolidação de dados de suas pesquisas, desempenham a atividade fundamental de tutoria de alunos de graduação (*ensino*).

7.2 Motivação para implementar PBL como prática pedagógica

A motivação para implementar a abordagem PBL no CGEP/UnB nasceu do grau de liberdade conferido pela Direção da Faculdade de Tecnologia (FTD) à comissão de professores montada em 2008, com a responsabilidade de elaborar o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) do CGEP/UnB com um único requisito: ser inovador. Entre as condições primordiais para este grau de Liberdade podem ser citadas a coordenação direta das atividades dessa comissão pela FTD, o que cortou a vinculação a qualquer Departamento responsável pela oferta de cursos com abordagens tradicionais e o fato de o CGEP/UnB ter sido o primeiro e ainda o único curso noturno de graduação em engenharia na UnB. Além da inclusão social, o horário noturno também permite concatenar atividades de projeto aos horários comerciais.

Enquanto alunos, os futuros egressos devem aprender a Atuar e a Ensinar em organizações que aprendem e ensinam. Quanto aos professores, devem não só Ensinar os alunos a Atuar e a Ensinar em organizações que aprendem e ensinam, mas também a evoluir no próprio processo de Ensinar. Considerando que instituições de educação de engenharia, em geral e o CGEP/UnB em particular, devem ensinar os alunos a atuar, e também a ensinar, em organizações que aprendem e ensinam, o próprio CGEP/UnB deve ser tratado como organização que, além de ensinar, deve mandatoriamente também aprender, no sentido de também evoluir em como ensinar.

Em uma adaptação das abordagens desenvolvidas por [Pedlar et al. \(1991\)](#), [Argyris & Schön \(1996\)](#), [Waddell \(1993\)](#), [Garavan \(1997\)](#), [Romme & Arjen \(1999\)](#), uma das propriedades que um SSPP deve ter é a capacidade de aprender, da qual emergem os conceitos de aprendizagem/aprendizado organizacional e organização que aprende, bem como os conceitos complementares de ensino organizacional e organização que ensina, bem como de aprendizagem/aprendizado-ensino organizacional e de organização que aprende e ensina.

De acordo com [Silva J. M. da et al. \(2013\)](#) e [Silva J. M. da et al. \(2016\)](#), o desempenho dos estudantes e professores do CGEP/UnB quanto a competências em ensino, aprendizagem e sustentabilidade em ciclos múltiplos de aprendizagem pode

ser sintetizado pelas questões da Matriz de desempenho do CGEP/UnB, mostrada na Figura 7.1 (Silva J. M. da et al. 2013). As linhas da Matriz cobrem os processos de Aprendizagem e de Ensino, enquanto que as colunas dizem respeito a “atuar em” e “ensinar sobre” Comportamento, Premissas, Contextos e Referencial em organizações sustentáveis.

MATRIZ DE DESEMPENHO DO CGEP/UnB			COMPETÊNCIAS EM CICLOS MÚLTIPLOS DE APRENDIZAGEM							
			COMPORTAMENTO		PREMISSAS		CONTEXTOS		REFERENCIAL	
			ATUAR EM	ENSINAR SOBRE	ATUAR EM	ENSINAR SOBRE	ATUAR EM	ENSINAR SOBRE	ATUAR EM	ENSINAR SOBRE
			ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	COMPORTAMENTO EM ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?
PROCESSOS	A - APRENDIZAGEM	1 - OS ESTUDANTES ESTÃO APRENDENDO A 2 - OS PROFESSORES ESTÃO EVOLUINDO EM ENSINAR OS ESTUDANTES A	FAZER CERTO		FAZER O CERTO		FAZER CERTO O CERTO		REFERENCIAL CERTO PARA FAZER CERTO O CERTO	
			CICLO SIMPLES		CICLO DUPLO		CICLO TRIPLO		CICLO QUÁDRUPLO	
			E1: EFICIÊNCIA		E2: EFICÁCIA		E3: EFETIVIDADE		E4: EMINÊNCIA	
			ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	COMPORTAMENTO EM ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?
PROCESSOS	B - ENSINO	1 - OS PROFESSORES ESTÃO ENSINANDO OS ESTUDANTES A	ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	COMPORTAMENTO EM ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	PREMISSAS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	CONTEXTOS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?	REFERENCIAIS DE ORGANIZAÇÕES SUSTENTÁVEIS QUE APRENDEM E ENSINAM?

Fig. 7.1: Matriz de desempenho do CGEP/UnB

Tomando como ponto de partida o perfil diferenciado esperado do egresso, pesquisa por abordagens inovadoras na educação em engenharia com base em projetos para solucionar problemas da realidade (*Problem Based Learning via Projects – PBL*) conduziu a quatro universidades: University of Illinois at Urbana-Champaign, University of Nottingham, Aalborg University e Universidade do Minho.

A grande contribuição veio e continua vindo da Aalborg University (AU), instituição com currículos totalmente orientados para projetos, tendo no Unesco Centre for Problem Based Learning in Engineering Science and Sustainability o foco específico em engenharia e sustentabilidade. Tomando apenas Problemas, Disciplinas e Métodos como referência, Kolmos et al. (2008), conceituam três tipos de projeto: (i) caso/tarefa; (ii) disciplina; e (iii) problema. Projetos com base em caso/tarefa (*Tipo i*) têm como característica principal o planejamento e controle por parte dos professores, que definem, a priori, o problema, as disciplinas e os métodos. Em Projetos com base em disciplinas (*Tipo ii*), as disciplinas e os métodos são definidos a priori, restando aos estudantes a escolha de problemas a serem abordados nos limites das disciplinas e dos métodos. Nos Projetos com base em problemas (*Tipo iii*) o problema orienta a escolha das disciplinas e dos métodos. Esta conceituação de tipos

de projeto foi fundamental na definição inicial do modelo curricular do CGEP/UnB, enquanto que o foco em sustentabilidade, também destaque em AU, tem servido como direcionador de sua evolução. Outras publicações da Aalborg University relevantes à modelagem do CGEP/UnB incluem: De Graaff & Kolmos (2003), Kolmos A. & De Graaff (2007), Kolmos et al. (2008), Kolmos (2009), Guerra & Kolmos (2011).

O Projeto de Graduação (Graduation Project) do Curso de Graduação em Industrial Engineering da University of Illinois at Urbana-Champaign–UIUC foi uma das referências para o Projeto de Graduação (disciplinas de Projeto de Graduação 1 e 2) do CGEP/UnB. A principal diferença conceitual é que na UIUC há uma concentração em atividades de projeto no Projeto de Graduação (código GE494), enquanto que no CGEP/UnB, o conjunto de oito PAI constituem interligação do Núcleo Conceitual com os Projetos de Graduação 1 e 2.

O PBLE Guide – Learning Engineering Through Projects, financiado pelo Fund for the Development of Teaching and Learning, publicado pela Nottingham University em 2003 (<http://www.pble.ac.uk/guide-final.html>), consolidou estudos de caso de várias experiências de instituições de ensino do Reino Unido (*Aston University, University of Derby, University of Exeter, Loughborough University, University of Manchester, University of Manchester, University of Plymouth, University of Sheffield, University of Strathclyde*) em soluções de problemas via projetos de engenharia. Além de extensa bibliografia e detalhamento de casos de sucesso, o Guide aborda conceitos relativos a *Learning Outcomes, Learners, Knowledge Based Skills, Process Skills, Assessment, Supporting Individuals and Groups, and Resources*. Apesar de existirem casos de consolidações em dois semestres, há concentração em projetos Tipo i e Tipo ii.

Do ponto de vista tanto conceitual quanto operacional, o Departamento de Produção e Sistemas (DPS) da Universidade do Minho (<http://www.dps.uminho.pt>) teve e continua tendo um papel fundamental na estruturação e implementação do PBL no CGEP/UnB. Após uma semana de estadia de dois professores da UnB no DPS logo após o PAEE'2010, seguiram-se sessões de trabalho realizadas em Brasília no segundo semestre de 2010, sob a coordenação de professores e pesquisadores do DPS, que tiveram papel fundamental na estruturação curricular contida no PPC do CGEP/UnB. Extratos da primeira versão do PPC do CGEP/UnB foram objeto de

uma publicação internacional [Lima et al. \(2012\)](#) e de um trabalho em congresso internacional [Balthazar & da Silva \(2010\)](#).

A relevância do tema para a comunidade de educação em engenharia pode ser medida pelo sucesso da sessão de debates SD4 do COBENGE2011, realizado em Blumenau, cujo tema foi a Aprendizagem Baseada em Projetos: Uma Nova Abordagem para a Educação em Engenharia [Campos & da Silva \(2012\)](#). O que se esperava e o que efetivamente ocorreu, é que as apresentações, que se constituíram na matéria prima para a SD4 do COBENGE2011, foram também indutoras para a continuação dos debates dessas questões na sessão de debates SD5 do COBENGE2012, realizado em Belém. Os resultados das duas sessões de debates, reforçaram a certeza de PBL ter sido a escolha correta [da. Campos L. C. \(2013\)](#).

7.3 Descrição do Modelo PBL implementado

O modelo implementado apresenta o PBL como elemento da abordagem voltada ao desenvolvimento de competências no âmbito do CGEP/UnB, de modo que os egressos do CGEP/UnB possam atuar em redes de produção de valor, desde a obtenção de insumos, passando pela conjugação desses insumos com as disponibilidades internas que resultem em produtos e na provisão desses produtos no âmbito de sistemas sustentáveis de produção, nos planos econômico, político, cultural e participacional. Focando as competências, em termos de conhecimentos, habilidades e atitudes, tanto de estudantes como de professores do CGEP/UnB. os seguintes itens compõem o quadro geral de referência mostrado na Figura 7.2 ([da Silva 2014](#)) (i) Regulamentação (Acadêmica e Profissional) ([Conselho Nacional de Educação & Câmara de Educação Educação 2002](#), [Conselho Nacional de Educação & Educação 2007](#), [Conselho Federal de Engenharia 2005](#), [Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior 2004](#)); (ii) Pensamento Sistêmico (Organização que Aprende e Ensina e Múltiplos Níveis de Aprendizagem); (iii) Núcleos de Agregação; e (iv) Dimensões de Análise das Competências (Conhecimento, Habilidades e Atitudes). Dentro do pensamento sistêmico de sempre buscar o todo do qual o elemento em foco é parte, pode-se considerar PBL como um componente das “Abordagens Instrucionais” de “Conhecimento”.

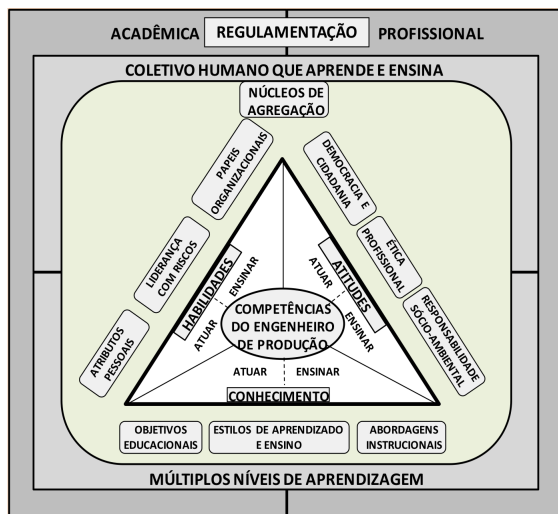


Fig. 7.2: Quadro geral de referência

O primeiro passo da implantação foi caracterizar o CGEP/UnB como um Sistema Sustentável de Produção com Propósito (SSPP), do qual todo aluno é produto e cliente de primeiro grau. O entendimento do que é um sistema partiu do texto conciso de que Sistema é um conjunto de elementos inter-relacionados e levou em consideração conceitos mais afetos aos objetivos específicos de vários autores como [Ackoff \(1974\)](#), [Checkland \(1981\)](#), [Rosnay \(1979\)](#) e [Ackoff & Gharajedaghi \(1996\)](#).

7.3.1 Síntese, integração e empreendedorismo: espinha dorsal do curso

De acordo com a Figura 7.3 ([Campos & da Silva 2012](#)), Síntese, Integração e Empreendedorismo são componentes fundamentais do CGEP/UnB (Blocos S1, S2, S3, S4, S5 e S6).

O Núcleo Conceitual em Sistemas de Produção (Bloco S1) versa sobre o entendimento das Áreas da Engenharia de Produção, desenvolvimento sustentável, formação de valor, comportamento humano no trabalho, metodologia de pesquisa e gestão de projetos.

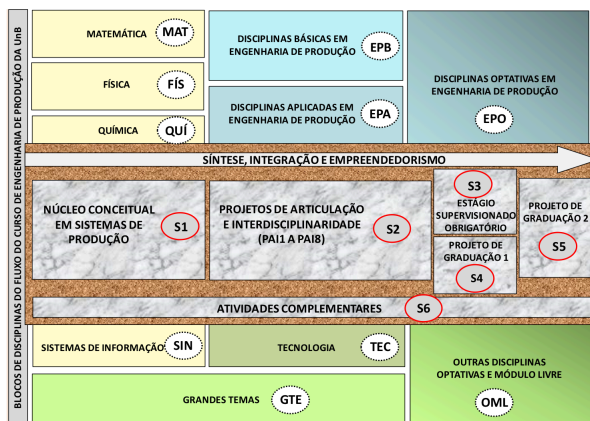


Fig. 7.3: Estrutura de blocos do currículo do CGEP/UnB

As oito disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção (PSP1 a PSP8, constituintes do Bloco S2) enfatizam projetos sustentáveis. A partir do quarto semestre do CGEP/UnB, os estudantes desenvolvem Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade (PAI1 a PAI8), com complexidade crescente, consolidando-se os aspectos metodológicos dos PSP com tópicos de disciplinas específicas de Engenharia de Produção, com foco em situações-problema reais trazidas por agentes externos (por exemplo, Organização Internacional do Trabalho, Instituto Nacional de Seguro Social, Hospital Universitário de Brasília, Agência Nacional de Telecomunicações, Fundação Oswaldo Cruz, Serviço de Limpeza Urbana, empresa de eventos, empresa metalúrgica, fabricante de material de implante dentário) vinculados a temas de projeto.

O Projeto de Graduação inclui duas etapas: Projeto de Graduação 1 - Bloco S4 (Proposta de Trabalho) e Projeto de Graduação 2 - Bloco S5 (Execução do Trabalho Proposto).

O Estágio Supervisionado Obrigatório (Bloco S3) consiste de trabalho de campo em premissas reais de trabalho, com vistas à experiência em ambiente real de atividade.

As Atividades Complementares (Bloco S6) são contemplam projetos de iniciação científica, estágios supervisionados não obrigatórios, projetos multidisciplinares,

projetos comunitários, visitas técnicas, eventos, projetos de extensão, desenvolvimento de protótipos, empresas juniores e outras atividades empreendedoras.

Conforme a Figura 7.4 (Campos & da Silva 2012), os projetos associados ao Bloco S2 da estrutura curricular têm quatro âncoras como base: A1-tópicos de metodologia de projetos sustentáveis; A2-tópicos de conteúdo específico de Engenharia de Produção; A3-situações-problema da realidade de agentes externos; e A4-outros interessados em itens específicos do projeto.

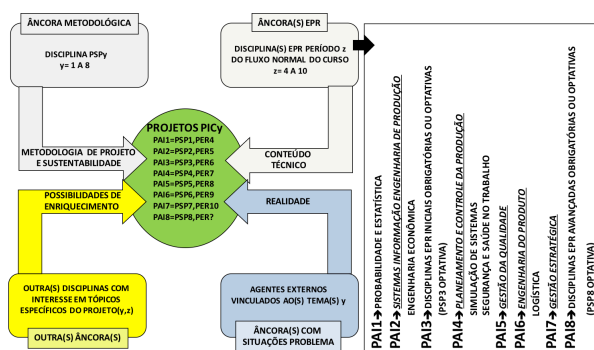


Fig. 7.4: Esquema geral de âncoras para Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade

No quarto semestre do fluxo normal têm início os oito Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade (PAI1 a PAI8). Situações-problema são alocadas a “grupos de projeto”, que se transformam em “equipes de projeto”, com a missão de equacionar problemas e elaborar propostas de solução no semestre.

Como consolidação das Figuras 7.3 e 7.4, a Figura 7.5 (Campos & da Silva 2012) explicita a dinâmica da interação dos blocos S1 a S6. Além da natureza iterativa em espirais de aprendizado presentes nos oito Projetos de Articulação e Interdisciplinaridade (PAI1 a PAI8) do Bloco S2, a Figura 7.5 mostra, pela repetição do símbolo de S6 em todos os demais componentes, a possibilidade de se incluir atividades complementares (Bloco S6) não só nos projetos PAI1 a PAI8 e respectivos PSP, mas também nos demais blocos da espinha dorsal do curso.

Dada a sua singularidade, os projetos do Bloco S2 foram divididos em dois grupos: PAI1 a PAI4 em S2A e PAI5 a PAI8 em S2B. As setas ligando PAI2 a PAI5,

PAI6, PAI7 e PAI8 significam que PSP2 libera os projetos PAI5 a PAI8, desde que o aluno tenha cursado as disciplinas Engenharia Econômica (EE) e Pesquisa Operacional em Engenharia 1 (POE1). Assim, só poderão participar de PAI5 a PAI8 quem tiver conhecimento sólido em valoração econômico-financeira (EE) e modelagem matemática (POE1).

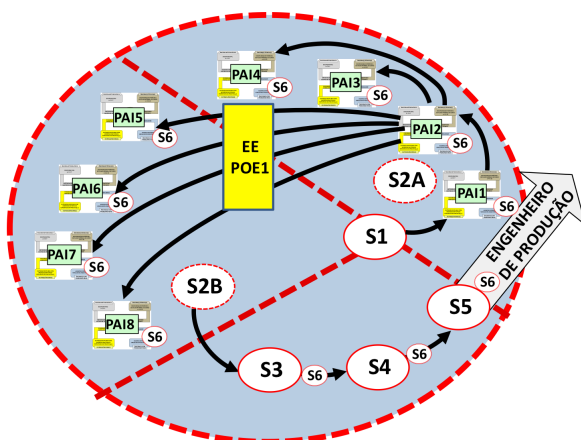


Fig. 7.5: Dinâmica dos blocos S1 a S6

7.4 Processo de implementação de PBL

No bloco S2 da estrutura curricular (PAI1 a PAI8) houve 1.320 matrículas nas respectivas disciplinas metodológicas de projeto (PSP1 a PSP8) no período de dez semestres (1/2011 a 2/2015), com 243 equipes de projeto abordando problemas reais de diversos Agentes Externos, havendo o envolvimento do equivalente a 102 professores.

7.4.1 Modelos híbridos de desenvolvimento de projetos (Âncora metodológica)

No que se refere aos aspectos metodológicos dos Projetos de Integralização Curricular, tem crescido a utilização de modelos híbridos de desenvolvimento de projetos, contemplando aspectos formais das abordagens tradicionais, como o PMBOK® e de agilidade dos métodos ágeis, como o SCRUM. Um Modelo Híbrido PMBOK® Métodos Ágeis tem sido utilizado no desenvolvimento dos trabalhos em equipe em PSP1, MPSP e FVSP (Silva J. M. da et al. 2016) e também de PSP5. No âmbito do PMBOK® enfatiza-se a necessidade de formalização presente nos grupos de processos de Iniciação e de Encerramento, bem como a Hierarquia Projeto-Programa-Portfólio. Quanto à Agilidade, o foco principal tem sido nos domínios, na organização e no escalonamento do SCRUM. Com publicação prevista para os próximos meses, entre as principais propostas para a 6ª edição do PMBOK® vale destacar o seguinte quanto a abordagens ágeis: (i) aspectos de agilidade em cada área de conhecimento, principalmente quanto a entregas parciais e incrementais; (ii) apêndice sobre métodos ágeis e outras técnicas iterativas; e (iii) futuro guia prático em abordagens ágeis associadas ao PMBOK® (<http://www.pmi.org/pmbok-guide-exposure-draft>, acesso 26/01/2017). Seguem exemplos de modelos híbridos.

Em PSP1, base inicial para implementação dos PSPs, aborda-se sistemas e modelos, interação humana e convivência, ergonomia cognitiva, normalização de bases de dados, busca em bases de informações, normas técnicas para relatórios, comportamento em equipe, metodologia de projetos sustentáveis e modelos híbridos de desenvolvimento de projetos. Dada a relevância de plataformas de inteligência de negócio para todos os PSP, as turmas de PSP1 estão sendo direcionadas a iniciar a utilização dessas plataformas

Seguindo linhas gerais de Projetos com base em Problemas (Tipo iii), no semestre 2/2016 os Interesses de Pesquisa e respectivos temas de PSP1 tiveram foco em 4 áreas relacionadas a 4 Agentes Externos: (i) Fundação Oswaldo Cruz: Nutrição e Saúde (temas: nanismo e obesidade); (ii) Instituto Nacional de Seguro Social: Benefícios Rurais (temas: comprovações e concessões); (iii) Hospital Universitário de Brasília: Fila Cirúrgica (temas: produção e demanda); e (iv) Agência Nacional de Telecomunicações: Inclusão Digital (temas: localizações WIFI e aplicações).

As entregas foram consolidadas em 2 etapas (Sprints). O Sprint1 cobriu a revisão bibliográfica e a proposta segundo o PMBOK® (Project Charter) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Já o Sprint2 englobou a súmula escrita formato ABNT, pôsteres e vídeos de síntese, bem como a montagem de tele-evento para apresentação dos trabalhos finais. Após a escolha dos interesses de Pesquisa pelos 78 estudantes da disciplina, eles foram designados a 16 equipes, 4 equipes para cada Agente Externo, a maioria das equipes com 5 participantes. No desenvolvimento dos trabalhos em equipe, altamente colaborativos e com muita agilidade, surgiram lideranças nos 16 projetos, formaram-se 8 colégios de lideranças de temas, emergiram 8 lideranças de temas e consolidaram-se 4 lideranças, uma em cada Interesse de Pesquisa. Vale ressaltar que o tele-evento, com apresentação em inglês, incluiu também os trabalhos de MPSP, FVSP e PSP5. O tele-evento tornou-se um evento internacional acessado em 5 países. Procedimentos colaborativos similares têm sido utilizados em disciplinas de graduação do Núcleo Conceitual do CGEP/UnB (*Formação de Valor em Sistemas de Produção – FVSP e Metodologia de Projeto de Sistemas de Produção – MPSP*) e também na disciplina Gestão de Projetos de TI (GPTI) do Mestrado Profissional em Computação Aplicada (MPCA). No semestre 2/2016, 37 estudantes de GPTI realizaram projeto colaborativo (10 equipes, 4 colégios, 4 lideranças de tema, 1 liderança de conteúdo e 1 liderança de formatação) em proposta de extensão ao Guia PMBOK® na gestão de projetos previdenciários.

Em relação a PSP5, que tem a disciplina Gestão da Qualidade na Produção como conteúdo técnico, ocorre um misto de projetos com base em disciplina (Tipo ii) e em problema (Tipo iii). Tomando como base comparações entre modelos tradicionais e ágeis quanto a requisitos, objetivos, insumos, resultados, ferramentas e técnicas das fases do ciclo de vida de projetos, Santos F. H. S. et al. (2016) sugerem uma nova estrutura para PSP5.

Vale ainda ressaltar que a disciplina PSP2, com Sistemas de Informação em Engenharia de Produção e Engenharia Econômica como disciplinas de conteúdo, estão tendo seus projetos totalmente desenvolvidos de acordo com abordagens ágeis.

7.4.2 Aspectos de sustentabilidade (Âncora metodológica)

Em todos os projetos de PSP1, a “Súmula Escrita” terá pelo menos um apêndice obrigatório sobre sustentabilidade e o “Pôster” final um item específico no tema. Ainda com relação à sustentabilidade, duas disciplinas do Núcleo Conceitual (FVSP e MPSP), incluem atividades de resenhas de publicações, desenvolvidas como projetos em equipes, geralmente compostas por 5 estudantes, com orientação do professor e suporte de monitores, nos quais sustentabilidade é o direcionador de todas as resenhas de FVSP (sustentabilidade na formação de valor) e MPSP (projetos sustentáveis).

7.4.3 Fusão de Ensino, Pesquisa e Extensão via programa de pós-graduação

A Figura 7.6 (Silva J. M. da et al. 2016), mostra o esquema geral da oferta de PAII no semestre 1/2016, com âncora metodológica PSP1 e Probabilidade e Estatística como âncora de conteúdo específico de Engenharia de Produção. A parte inferior da Figura 7.5 destaca a interface do CGEP/UnB com o MPCA, concentração em Gestão de Riscos. A característica principal do MPCA é a obrigatoriedade de a dissertação (pesquisa) estar associada à solução de um problema real de sua entidade de origem (extensão). Em semestres anteriores, vários mestrands com interesse em desenvolver pesquisas relacionadas a probabilidade e estatística e tratamento de bases de dados de suas entidades de origem serviram como tutores da disciplina PSP1. Os estudantes de PSP1 executaram essencialmente atividades de consolidação de dados sob a supervisão de estudantes de pós-graduação. Os alunos de pós-graduação, além de terem os resultados de consolidação de dados de suas pesquisas, foram envolvidos na atividade fundamental de tutoria de alunos de graduação (ensino).

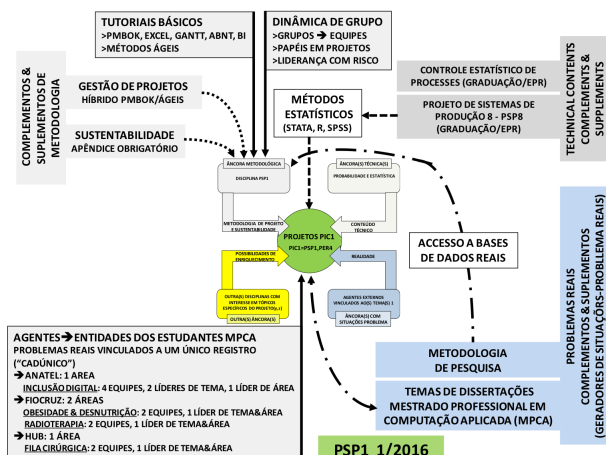


Fig. 7.6: Oferta de PSP1 no semestre 1/2016

7.5 Perspectivas futuras e recomendações

O reconhecimento sobre a escolha do PBL no CGEP/UnB veio com o convite feito pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) para apresentação da proposta curricular do CGEP/UnB no Encontro Nacional de Coordenadores de Engenharia de Produção de 2015 (ENCEP/2015). Foram destacados os seguintes desafios: (i) busca de situações-problema reais para sessenta projetos por semestre; (ii) distribuição da orientação entre professores, tutores e monitores de graduação e pós-graduação; (iii) interesse de professores de outros cursos de graduação e pós-graduação nas possibilidades de enriquecimento advindas da integração com os PAI do CGEP/UnB; (iv) manutenção do efetivo engajamento de professores do CGEP/UnB em atividades de PBL; e (v) obrigatoriedade um apêndice sobre sustentabilidade na “Súmula Escrita” dos PSP.

Dada a natureza essencialmente motivacional dos desafios, espera-se não os ultrapassar, mas sim ter o engajamento efetivo cada vez maior do corpo docente do EPR. Um fato que contribuiu muito para esse maior engajamento foi o CGEP/UnB ter conseguido, em 2013, a segunda colocação geral entre os 329 cursos de engenharia de produção do Brasil e a maior avaliação entre todos os cursos de graduação da UnB em termos do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE) e

do Conceito Preliminar do Curso (CPC), de responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais Anísio Teixeira (INEP) do Ministério da Educação (Souza J. C. F. et al. 2016).

Vale reiterar a necessidade de instrumentos que permitam avaliar o desempenho individual de estudantes em projetos, diretamente pelos Agentes Externos, professores, tutores e monitores, levando também em consideração a auto-avaliação e a avaliação dos pares na equipe. Em uma perspectiva mais ampla de maturidade ou prontidão em temas relativos à sustentabilidade. Silva J. M. da et al. (2013) argumenta sobre a necessidade de avaliação de estudantes, professores e do próprio CGEP/UnB em termos de Eficiência, Eficácia, Efetividade e Eminência nos processos de ensinar e aprender.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1974), *Systems Analysis Techniques*, John Wiley & Sons, Ltd., chapter Toward a S, pp. 27–38.
- Ackoff, R. L. & Gharajedaghi, J. (1996), ‘Reflections on systems and their models’, *Systems Research* **13**(1), 13–23.
- Argyris, C. & Schön, D. A. (1996), *Organizational learning II: theory, method and practice*, Reading, Mass. Addison-Wesley.
- Balthazar, J. C. & da Silva, J. M. (2010), A Aprendizagem Baseada em Projeto no Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, in ‘International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)’.
- Campos, L. C. & da Silva, J. M. (2012), Aprendizagem Baseada em Projetos: Uma Nova Abordagem para a Educação em Engenharia., in V. F. de Oliveira, Z. Chamberlain, A. W. Bazzo, A. M. Tonini, V. Villas-Boas, L. C. de Campos & L. L. Loder., eds, ‘Desafios da Educação em Engenharia: vocação, formação, exercício profissional, experiências metodológicas e proposições’, Brasília: ABENGE, pp. 113–164.
- Checkland, P. B. (1981), *Systems Thinking, Systems Practice*, John Wiley & Sons, Ltd.
- Conselho Federal de Engenharia, A. e. A. C. (2005), ‘Resolução nº 1.010, de 22 de agosto de 2005’.

Conselho Nacional de Educação & Câmara de Educação Educação (2002), 'Resolução CNE/CES 11/2002'.

URL: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>

Conselho Nacional de Educação & Educação, C. d. E. (2007), 'Resolução CNE/CES 02/2007'.

URL: <http://nova.fau.ufrrj.br/uploads/64-teste.pdf>

da. Campos L. C., S. J. M. (2013), *Desafios da educação em engenharia- Formação em Engenharia, Internacionalização, Experiências Metodológicas e Proposições*, ABENGE, chapter Estudo de, pp. 233–308.

da Silva, J. M. (2014), *Ensino em gestão de projetos*, Elsevier, pp. 229–252.

De Graaff, E. & Kolmos, A. (2003), 'Characteristics of Problem-Based Learning', *International journal of engineering education* **19**(5), 657–662.

Garavan, T. (1997), 'The learning organization: a review and evaluation', *The Learning Organization* **4**(1), 18–29.

Guerra, A. & Kolmos, A. (2011), Comparing problem based learning models: suggestions for their implementation, in J. Davies, E. De Graaff & A. Kolmos, eds, 'PBL across the disciplines: Research into best practice', Aalborg: Aalborg Universitetsforlag, pp. 3–17.

Holling, C. S. (2001), 'Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems', *Ecosystems* **4**(5), 390–405.

Kolmos, A. (2009), *Problem-Based and Project-Based Learning*, Springer., London.

Kolmos A. & De Graaff, E. (2007), *The process of change to PBL*, Sense Publisher, pp. 31–44.

Kolmos, A., Du, X., Holgaard, J. E. & Jensen, L. P. (2008), *Facilitation in a PBL environment*, Aalborg: UNESCO Chair in Problem Based Learning.

Lima, R., Da Silva, J., Van Hattum-Janssen, N., Monteiro, S. & De Souza, J. (2012), 'Project-based learning course design: A service design approach', *International Journal of Services and Operations Management* **11**(3), 292–313.

Pedlar, M., J., B. & Boydell, T. (1991), *The Learning Company*, McGraw-Hill.

Romme, G. L. & Arjen, V. W. (1999), 'Circular organizing and triple loop learning', *Journal of Organizational Change Management* **12**(5), 439–454.

Rosnay, J. (1979), *The macroscope: a new world scientific system*, 1st edn, Harper & Row.

- Santos F. H. S., Monteiro S. B. S. & Aquere A. L. (2016), Incorporating agile project management methodologies to the Production Systems Project 5 course within the Production Engineering undergraduate program at the University of Brasilia, *in* ‘International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)’.
- Silva J. M. da, Abdalla Jr. H., Campos L.C. & Amazonas, M. C. (2013), Maturity Model Based on Multiple Levels of Learning: Proposal for Application in an Institution of Engineering Education, with focus on Sustainable Project Based Learning, *in* ‘International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)’.
- Silva J. M. da, Zinden M. L., Santos A. C. & Souza, J. C. F. (2016), Innovative Experiences and Proposals in Engineering Education for Sustainability: Application to the University of Brasilia Undergraduate Production Engineering Program, *in* ‘International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)’.
- Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (2004), ‘Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES, criado pela Lei nº 10.861, de 14.04.2004, apresentado no portal do INEP’.
- Souza J. C. F., Silva J. M. da, Rocha C. H., Monteiro S. B. S. & Santos, A. C. (2016), Influence of Problem-Based Learning via Projects in INEP/MEC Performance Evaluation: Case of the Production Engineering Undergraduate Program at UnB, *in* ‘International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE)’.
- Wasdell, D. (1993), Learning Systems and the Management of Change, PhD thesis.
URL: http://www.meridian.org.uk/_PDFs/Learning_Systems.pdf

AFILIAÇÃO

João Mello da Silva

Departamento de Engenharia de Produção

UnB, Brasil

e-mail: joaomello@unb.br

Simone Borges Simão Monteiro

Departamento de Engenharia de Produção

UnB, Brasil

e-mail: simoneborges@unb.br

João Carlos Félix Souza

Departamento de Engenharia de Produção

UnB, Brasil

e-mail: jocafs@unb.br

Ana Carla Bittencourt Reis

Departamento de Engenharia de Produção

UnB, Brasil

e-mail: anacarlabr@unb.br

Capítulo 8

Química General con ABP para los primeros ciclos de Ingeniería

María Felipa Cañas Cano

Resumen: En la Universidad de Piura, se implementa metodología activa, basada principalmente en ABP, desde hace nueve años. Esta metodología se realiza en los cursos de Química General 1 y Química General 2, en la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Durante estos años, la implementación de la metodología ha sido evaluada. Los resultados, hasta el momento, muestran un mayor número de estudiantes con calificación aprobatoria, aprendices más motivados, desarrollo de habilidades, tales como: comunicación verbal y escrita, trabajo en equipo, desarrollo de estrategias metacognitivas, así como aprendices más independientes. El siguiente artículo pretende mostrar cómo y por qué el ABP ha contribuido a estos resultados, se busca analizar el contexto en el que se viene trabajando y la riqueza de la información, tanto cualitativa como cuantitativa, recolectada durante estos años.

8.1 Introducción

Circunstancias específicas han marcado las últimas décadas de la educación superior, especialmente la universitaria. Tales como: el reconocimiento de la ciencia-tecnología en el desarrollo económico y social, la masificación de las universidades, la heterogeneidad de estudiantes, una nueva cultura de calidad, la internacionalización, los constantes cambios en el mundo tecnológico y mayor implicancia de la empresa y los empleadores. Como consecuencia, a nivel global y local, se hacen

diversos esfuerzos por atraer y retener a jóvenes hacia carreras científicas, especialmente la Ingeniería.

Dos de los aspectos que reciben atención prioritaria son: la internacionalización, siempre apuntando hacia la mejora de la calidad educativa y el reconocimiento de la influencia de la ciencia y tecnología en el desarrollo económico y social, conocido como sistema Investigación-Desarrollo-Innovación (I+D+I). En América Latina, a pesar de las particularidades, tiempos de acción, intensidad, cobertura y enfoque de cada región, existen coincidencias en la visión e indicadores de estos países. Esta atención, se afronta principalmente por programas de los gobiernos e iniciativas de universidades líderes, aunque hasta el momento, es más declarativa que concreta. En tal sentido se expresa: “Internacionalización de la Educación Superior y la Ciencia en América Latina: Un estado del Arte” (Fernandez-Larrama & Alborno [2014](#)).

En el año 2011, la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la ciencia y la cultura (OEI), con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) realizó una encuesta a jóvenes iberoamericanos. Esta encuesta se realizó en siete ciudades de Iberoamérica, incluida Lima, en el marco del proyecto de investigación «Percepción de los jóvenes sobre la ciencia y la profesión científica» (compilado por [Polino \(2012\)](#)). Las conclusiones, muestran que la mayoría de alumnos no tiene interés directo en el estudio de ciencias exactas y naturales, aunque algunas ingenierías tienen mejor aceptación.

Por otro lado, [Ferreyra et al. \(2012\)](#), muestran cómo la percepción pública frente a la ciencia y tecnología, cambia según el contexto y ejerce influencia en la decisión de los futuros estudiantes. [Ruz et al. \(2012\)](#) se refieren, precisamente, a que el interés por la ciencia puede despertarse teniendo muy claro ¿por qué enseñar ciencias?, ¿qué ciencia enseñar? y ¿cómo enseñar ciencias? corroborando la importancia de incrementar el interés por la ciencia. Esto se podría lograr acercándose a ella desde la vida diaria, con problemas reales que impliquen, además de desarrollar los conceptos científicos, poner en juego actitudes y valores en contextos que requieran toma de decisiones.

La masificación implica una población estudiantil con nuevas aspiraciones y menores calificaciones académicas. El reto, para el docente, consiste en estar preparado, tanto en el dominio de su materia, como en ser suficientemente competente para guiar al futuro profesional. El proceso de Bolonia (2000), que condujo a la creación del Espacio Europeo de Educación Superior y el proyecto [Tuning](#)

[America Latina \(2011-2013\)](#) han tenido un impacto significativo en aspectos como identificar competencias, tanto docentes como de graduados de Ingeniería. En ese sentido, en Estados Unidos, se contempla la capacidad de análisis y ser aprendices para toda la vida. En consecuencia, se proponen catorce sugerencias para mejorar modelos de enseñanza, expresado en: *Visiones de la Ingeniería en el nuevo siglo* ([National Academy of Engineering 2004](#)) y en *La educación del Ingeniero de 2020* ([National Academy of Engineering \(NAE\) & of Sciences NAS 2005](#)). En ese contexto, se propone el uso de proyectos, desde muy temprano, en los planes de estudio de Ingeniería.

En esta búsqueda por promover y atraer más jóvenes hacia carreras científicas, se han implementado modelos, más constructivistas, para poner énfasis en formar sujetos responsables, reflexivos, críticos e innovadores. Paralelamente, el estudiante debe hacerse responsable de su aprendizaje ([Dueñas 2001](#)).

Los primeros años son especialmente relevantes en este tipo de carreras, por lo que, la elección de metodología apropiada resulta fundamental. Dentro de esas metodologías, algunas de las que más aportan, en cuanto a formación en competencias de futuros ingenieros son: el aprendizaje basado en problemas (ABP), la resolución de casos y el trabajo en proyectos ([Alfaro-Rocher et al. 2006](#)). Estas metodologías han probado logros como la capacidad de comunicación verbal y escrita, el manejo y presentación de información, el trabajo en equipo, tolerancia, etc. Otros, como el desarrollo de la motivación al logro, el incremento de conocimiento de estrategias cognitivas y metacognitivas son más difíciles de medir, ya que dependen de una serie de factores, relacionados básicamente con el contexto propio de los estudiantes, pero también resultan prometedoras ([Cooper & Sandi 2009](#), [Ley-Fuentes 2014](#), [Morales-Bueno 2011](#), [Quintanilla et al. 2014](#), [Rivas et al. 2014](#), [Sandi-Ureña & Cooper 2010](#)).

El presente artículo se centra en responder a las preguntas ¿Qué modelo es más adecuado a nuestro contexto institucional? ¿Cómo se ha implementado? ¿Qué avances se han logrado con su implementación? ¿Cuáles son los retos presentes y futuros?

8.2 Contextualizando

La realidad peruana no difiere de las realidades de otros países latinos. El significativo crecimiento de la población universitaria, las tendencias a la internacionalización y relevancia de la ciencia son aspectos comunes. Es un hecho el declive de las carreras científicas en el Perú (Arias-Schreiber 2015) por lo que, esta problemática, se está abordando con enfoques alternativos y programas gubernamentales tales como Beca 18, Beca excelencia, más opciones para presentar Proyectos financiados (FINCyT), mayor oferta de Becas para postgrado, etc.

En nuestro país, la masificación de la educación superior ha abierto oportunidades, prácticamente a todos los jóvenes, junto con su heterogeneidad y peculiaridades, entre las que destaca que nuestros jóvenes universitarios, de los primeros años, son sustancialmente más jóvenes (estudiantes entre 16 y 17 años), por tanto, más inmaduros que en otras realidades. Además, esta situación se agrava porque, los procesos de ingreso a las universidades se han flexibilizado de tal manera que, se capta futuros estudiantes aún desde la secundaria, es decir, tienen cupo en la universidad aun antes de haber terminado sus estudios básicos.

En las carreras científicas, en especial en ingeniería, los primeros años corresponden a cursos de ciencias básicas, consideradas difíciles, y poco a formación humanista. Estos estudios, considerados básicos, deben proporcionar el espacio adecuado para empezar a construir el principio de continuidad en el aprendizaje a lo largo de su vida. Los cursos de Química General se ofrecen con carácter obligatorio, por lo que ofrecen una oportunidad invaluable para emplear medios y metodología adecuados. Tal como afirma Gómez (2006): los organismos internacionales educativos plantean la necesidad de transformaciones pedagógicas activas en todos los niveles, especialmente señala su pertinencia en educación superior. Hay que fomentar la docencia investigativa estratégica en base a conceptos como aprender a aprender y el conocimiento de métodos de búsqueda y aplicación del conocimiento.

8.3 ¿Por qué enseñar usando ABP?

Aunado a la disminución del interés de los estudiantes por carreras científicas, la enseñanza de Química en particular, tiene una larga historia de fracasos. Se trata de

una ciencia que requiere, para su comprensión, habilidades de análisis y síntesis, no solo memorización, razón por la que ha sido y es considerada, como una ciencia “dura”, “aburrida”, Innecesaria y “difícil” (Chamizo 2001). Esta situación, se intenta revertir, oficialmente desde el foro Conceptual Structure of School Chemistry (CSSC) que se inició en la Universidad de Utrecht en Holanda. Ahí, quedó claro que la enseñanza, de esta ciencia, como afirma Chamizo (2001), está aislada del sentido común, la vida diaria, las necesidades de la sociedad y la investigación actual.

A partir del año 2006, en la Universidad de Piura, se inicia la enseñanza de Química basada en ABP. Se toma la decisión, al considerar que, su implementación, permitiría alcanzar objetivos prioritarios, tales como: mejorar la percepción del estudiante hacia las ciencias y en particular hacia la Química, motivar a los estudiantes presentándoles problemas cotidianos e industriales con los que se involucrara, facilitar el trabajar en competencias, tanto específicas como blandas e incrementar el número de estudiantes promovidos. De acuerdo con los planteamientos de Chamizo (2001), había que definir claramente las metas y a partir de allí, decidir cuales contenidos, modos y formas de lograrlo en base a una metodología adecuada, lo que también determinaba la forma de evaluación.

8.3.1 Implementando el modelo enseñanza-aprendizaje de Química con ABP

Recordemos que cualquier implementación metodológica, en educación, implica tomar en cuenta algunas variables: la institución con sus normas, currículo y gestión propia, el personal docente implicado y los estudiantes a quienes va dirigido.

La Universidad de Piura mantiene un currículo por objetivos, organizado en contenidos disciplinares y evaluación sumativa, sin embargo, la institución es muy abierta en apoyar la diversidad de enfoques y la libertad del profesor en su materia. El docente cuenta con el apoyo de la institución, pero se deben mantener algunos parámetros, principalmente el número y fechas oficiales de evaluaciones. Por tal razón, al momento de implementar la metodología tipo ABP, en los cursos de química general, era necesario tomar en cuenta el contexto en el cual nos desenvolvíamos junto a las metas a perseguir. Por tanto, al tomar la decisión de trabajar los cursos basados en ABP, era necesario contestar a la pregunta:

¿Qué modelo ABP era más adecuado para la enseñanza-aprendizaje de química, que se buscaba?

El campus se encuentra en la ciudad de Lima, estando la sede central en la ciudad de Piura al norte del Perú. El primer curso de Química pertenece al primer semestre, con alumnos recién ingresados y el segundo en el tercer semestre, esto es, su segundo año en la universidad. En Lima, se cuenta con una sección única de cada curso y un promedio entre 40 y 60 estudiantes. La realidad de ambas materias es diferente, por tanto, la implementación también lo es, principalmente en cuanto a los problemas ABP planteados.

Un factor a tomar en cuenta es la edad de los participantes y su incipiente madurez, razón por la cual se opta por una metodología híbrida, más dirigida. Significa que el problema ABP es la médula del curso y en las horas teóricas asignadas, hay permanente trabajo en grupos. Durante las sesiones de clase, se trabaja en base a actividades de aprendizaje prediseñadas.

Metodología híbrida activa y ABP

El ABP tiene sus orígenes en la década del 60's, en la Universidad de McMaster en Canadá con el objetivo de mejorar la calidad de la educación médica aplicado a problemas de la vida real, usando diferentes áreas del conocimiento para dar solución a problemas.

Barrows (1996) define al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. El ABP se basa en la teoría constructivista del aprendizaje. El estudiante construye su aprendizaje, por tanto, es consciente y responsable de su propio aprendizaje, al implicarse va adquiriendo conocimientos, lográndolo con la orientación y supervisión del Profesor/asesor (Barrel 1999)

El ABP busca que el alumno comprenda y profundice respecto a los problemas, que son usados para aprender, por tanto, incluye desarrollo de pensamiento crítico y divergente dentro del mismo proceso de enseñanza-aprendizaje. Independientemente de quien tenga la responsabilidad, la clave para ABP está en usar un problema para dirigir las actividades de aprendizaje con base en “necesito conocer” (Wood 2002).

El ABP es utilizado en diversas áreas del conocimiento, por su versatilidad para adaptarse a cualquier materia. En la actualidad persisten variadas concepciones para ABP. Esta diversidad, es producto de su desarrollo histórico a partir de los principios de aprendizaje y su aplicación práctica. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, es evidente como el marco teórico es el que orienta los objetivos de esta metodología (Kolmos 2004).

Un aspecto relevante es la evaluación a aplicar. Es importante que desde el planeamiento y diseño del curso, se busque una - evaluación para el aprendizaje- que permita, no solo medir o verificar los resultados obtenidos sino que apunte los recursos y herramientas para mejorar el aprendizaje.

En la literatura se denomina, en general, evaluación formativa. Es aquella, que se realiza de manera continua para formar estudiantes, donde un aspecto fundamental es la retroalimentación. Cuando ésta se da a tiempo, el estudiante, recibe información adecuada de su desempeño. Esa información, le permite, realizar ajustes y mejorar su aprendizaje, es decir, tiene la oportunidad para reconocer errores y subsanarlos, esto es, para cerrar la brecha entre el nivel adquirido y el deseado. Por otro lado, el docente, tiene la posibilidad de valorar y tomar decisiones para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde el punto de vista humanizador (Díaz-Barriga 2004, Elwood 2006, López-Pastor 2012, Tiknaz & Sutton 2006). La evaluación debe contribuir, no sólo a conocer y evitar posibles errores, también a identificar caminos para superarlos. Es importante asegurar esta retroacción.

Describiendo el modelo

En ambos cursos, se trabaja desde el primer día en base a trabajo en equipo. Al inicio del semestre, se seleccionan grupos de trabajo, de cuatro integrantes. Esta selección se ha realizado de diversas formas: al azar, por amistad o en base al historial académico de los estudiantes. Los integrantes, de cada grupo, trabajarán juntos, de manera permanente, durante todo el semestre, tanto en el aula, como en laboratorio o bien de manera externa e independiente. Ese primer día, son informados de la metodología de trabajo a seguir y la forma en que serán evaluados. Una vez formados los grupos, se realiza una actividad lúdica, donde se pone en evidencia la importancia del trabajo en equipo.

La segunda sesión se presenta el problema ABP a solucionar. En esa sesión, se informa a los estudiantes los objetivos de aprendizaje que se persiguen, se informa sobre el proceso que deberán seguir, se proponen y discuten fechas tentativas para ir presentando avances, las oportunidades de retroalimentación oficiales que tendrán y se presenta y explica la rúbrica con la que serán evaluados. Se incentiva que opinen y conversen acerca del problema, lo que conocen y lo que no, para realizar luego una puesta en común.

El siguiente esquema muestra el modelo de enseñanza-aprendizaje utilizado.

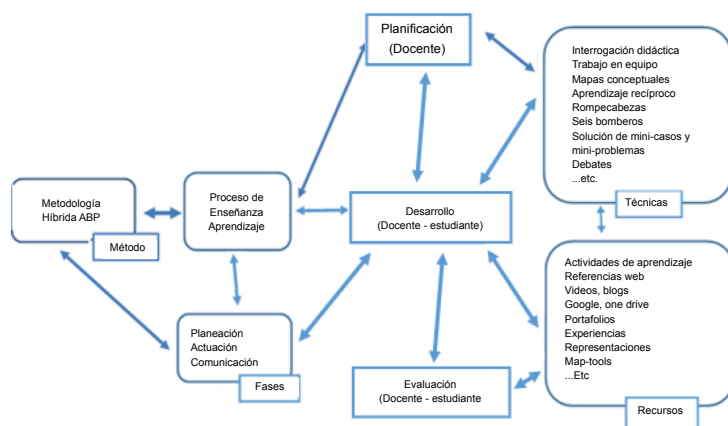


Fig. 8.1: Diseño del modelo implementado en los cursos de Química General

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, los estudiantes se van encaminando hacia la solución del problema. Se realiza en sus tres fases: planificación de las acciones, hacerlo y comunicar los resultados.

Para ello, cuentan con sesiones presenciales de cuatro horas a la semana. Para, cubrir los contenidos del curso y adquirir los conocimientos teóricos que requieren para resolver el problema, se realizan variadas actividades con diversos objetivos de aprendizaje. Algunas de las actividades están dirigidas a adquirir conocimientos propios de la materia, otras hacia habilidades de la especialidad o bien habilidades blandas.

El docente inicia la sesión, ya sea con el recuento de la última clase o bien introduciendo el tema particular a tratar en la actividad respectiva. Esto toma un lapso de tiempo, que oscila entre 10 y 15 minutos.

En la sesión, durante el desarrollo de la metodología, el estudiante debe, según sea el caso:

- Leer y traer los conceptos involucrados previamente, en forma de algún organizador gráfico (de manera individual real o virtualmente), que usarán durante el desarrollo de la sesión, a través de cualquiera de las técnicas señaladas: tandem, rompecabezas, rally, aprendizaje recíproco, mini-casos, debate, etc.
- Desarrollar, en grupo, las actividades pre-diseñadas por el docente, donde, de manera implícita o explícita, se incentivan habilidades superiores de pensamiento, tales como análisis, síntesis, toma de decisiones, argumentación, etc. Pueden ser de tipo conceptual, aplicativas o evaluativas y se basan en una cuidadosa elaboración de criterios en busca de las competencias previstas. Estas actividades, están colocadas en intranet y se relacionan con los principios y conceptos requeridos para el problema ABP.
- Paralelamente de manera independiente, los estudiantes van trabajando en la solución del problema.

En el caso de la Universidad de Piura, el modelo ABP, enmarcado en el socio-constructivismo, busca desarrollar competencias profesionales-personales y se encamina principalmente hacia “aprender a aprender”, a través de problemas y actividades dirigidas a desarrollar estrategias cognitivas y metacognitivas. Los principios básicos que se siguen al plantear los problemas tipo ABP:

- Centralizado, el problema y actividades de aula son la medula espinal. Son el centro del currículo, que gira en torno a ello
- Contextualizado, el problema está adaptado a la realidad socio-cultural del estudiante de modo que le resulte sencillo situarse e interpretarlo.
- El problema que se plantea, lleva implícito, y a veces explícito, preguntas orientadoras que deben guiar al estudiante a aplicar los conceptos y principios propios de la materia y otros generales. Generalmente se centra en unidades temáticas e incluye un producto o integración de temas hacia el final del semestre.
- Son realistas, tienen el potencial para ser implementados y van hacia la búsqueda de alternativas de solución, que los estudiantes deben fundamentar.

- La investigación y evaluación son formativas, van construyendo y transformando conocimientos contando con soporte y diversas oportunidades de retroalimentación durante todo el proceso.
- Se propicia el auto-aprendizaje y la autonomía del estudiante, al tener libertad para la toma de decisiones y flexibilidad en tiempos y recursos. Se desarrolla conocimiento al interactuar, reconocer y aceptar los procesos sociales y las diferentes interpretaciones individuales de un mismo fenómeno. A lo largo del proceso deben aplicar conceptos y desarrollar la habilidad de dar y recibir críticas.

Mientras los alumnos trabajan, el docente y tutores, uno o dos estudiantes del último año que se ofrecen voluntariamente, se mantienen en movimiento entre los grupos, atentos a sus interacciones y comentarios, observando el progreso, monitoreando el proceso de comprensión, orientando conversaciones y preguntas. Interviniendo para buscar su participación, sin miedo a equivocarse, proponiendo nuevas interrogantes, mostrando gran confianza en el quehacer del alumno y aceptando o reconociendo errores propios, de forma de incentivar la expresión de sus dudas. Al hacer las intervenciones se cuida que éstas, ayuden al alumno a razonar por sí mismo. Este tiempo de trabajo en equipo, permite al estudiante opinar sobre formas de resolver las cuestiones planteadas y maneras de percibir la realidad. Al interactuar con sus compañeros, en clase, se entrena la tolerancia y respeto hacia las ideas ajenas y la expresión de las propias.

Si el tiempo lo permite, terminada la actividad se escoge al azar, o en forma voluntaria, algún grupo o integrante del mismo para expresar las dudas que puedan haber quedado. Se termina con un resumen de lo aprendido. Si el tiempo no alcanza queda pendiente para el momento de inicio de la siguiente sesión.

Estas actividades son, por lo general evaluadas, aunque el puntaje asignado es muy pequeño. Todas las actividades del semestre pueden llegar a un máximo de 10% del total. Sin embargo, a pesar de ello, el estudiante, en general, lo toma muy en serio.

En relación al problema ABP:

- El primer curso (QG1) consta de cuatro o cinco mini-problemas ABP diseñados para cada unidad de aprendizaje, como detonantes para incentivar el interés por la aplicación real de los temas que se tratan.

- El segundo curso (QG2) mantiene la misma forma de trabajo en aula, pero, con un único problema ABP que involucra todas las unidades y que se avanza por etapas, para integrar todas al finalizar el semestre.
- Los estudiantes cuentan con tres semanas para la solución de cada problema planteado en el caso de QG1 o bien la etapa correspondiente en QG2.
- Mientras los estudiantes resuelven el problema de forma independiente, cuentan con apoyo y retroalimentación durante todo el proceso, algunas con fechas pre-establecidas en la rúbrica, otras que buscan voluntariamente.
- Se cuenta con espacios para la auto-evaluación y hetero-evaluación (co evaluación), entendida como “evaluación entre iguales” que implica al estudiante como herramienta para desarrollar su autonomía y gestionar su propio aprendizaje (López Pastor 2012). Para el trabajo en equipo, en aula como fuera de ella, la autoevaluación y hetero-evaluación, se manejan de forma virtual; los estudiantes evalúan su trabajo como equipo, el de sus compañeros y el propio. En relación a la evaluación del problema ABP, se realiza en forma directa, en la presentación o defensa, parcial o final, del problema y frente a los compañeros, mediante una rúbrica.

En cuanto al personal de apoyo, se trata de estudiantes becados de últimos ciclos que aprobaron los cursos con metodología ABP, han sido previamente entrenados y hacen la función de guías o facilitadores.

8.3.2 Diseñando un problema ABP

Un paso importante es seleccionar el tema, que pueda resultar motivante a los estudiantes, identificar el contexto en el cual será desarrollado, definir la intención que se persigue (objetivos de aprendizaje), determinar las fases, recursos y establecer la evaluación a aplicar. Los ejemplos de problemas ABP, mostrados en la tabla 8.1, corresponden al segundo curso de Química, son integrales e involucran todas las unidades del semestre: Termodinámica, cinética, equilibrio y electroquímica de los procesos químicos.

El problema ABP, de la planta papelera, se implementó por primera vez en 2006. Se ha vuelto a utilizar en 2011 y 2016. En la primera versión, la planta, seguía el

Tabla 8.1: Problemas ABP – Química General 2

Problema	Descripción
Industria papelera que enfrenta demandas por contaminación de aire y agua.	Planta de papel que hace 40 años inicio su actividad, en zona industrial, pero que actualmente se encuentra rodeada de población civil que ejerce presión aludiendo contaminación
Procesos e implicancias ambientales asociadas a una planta de fabricación de tableros aglomerados.	Planta de tableros aglomerados de mayor demanda en el país. Procesos implicados, mejoras y soluciones para prevención de contaminación ambiental y sustentabilidad.
Mejoras en una planta de producción de aceite de jojoba y algunos subproductos.	La jojoba y sus múltiples aplicaciones, procesos involucrados en su producción e implicancias ambientales.
Accidente de un tráiler y derrame de sustancias a suelos y agua.	Causas, consecuencias, prevención y posibles tratamientos de derrames de sustancias tóxicas en suelo y agua.

proceso del sulfito para obtener pulpa de celulosa precedente del papel, mientras las versiones 2011 y 2016 hablan del procedimiento al sulfato (más limpio).

Objetivo general del problema ABP, en el curso QG2: Al finalizar el semestre, el estudiante resolverá un posible problema en algún proceso industrial, para lo cual aplicará los principios termodinámicos, cinéticos, del equilibrio químico y electroquímico, proponiendo las mejoras y controles más adecuados, fundamentando sus decisiones con responsabilidad ambiental y ética profesional.

A continuación la presentación del problema Planta papelera, al estudiante, a trabajar durante el semestre:

Antecedentes: La planta de producción de papel; Papeles S.A, se encuentra ubicada en las afueras de la ciudad de Trujillo. Hace cuarenta años cuando fue inaugurada, su ubicación estaba lejos de la ciudad. En la actualidad existen numerosos asentamientos humanos en los alrededores. Esta situación ha acarreado una serie de problemas para la planta puesto que viene siendo objeto de muchas denuncias por parte de los pobladores; debido a que alegan que: de las instalaciones de la planta emanan una serie de sustancias tóxicas que contaminan el agua- suelo-aire y afectan la salud de la población, principalmente de los niños.

La planta sustenta que su producción e instalaciones son adecuadas y que mantienen todos los estándares de seguridad y calidad ambiental.

El gobierno regional, en vista de los enfrentamientos de las partes, convoca a una comisión evaluadora integrada por ingenieros jóvenes. Su función consistirá en estudiar las condiciones de operación de la planta y, de encontrar situaciones conflictivas, presentar un informe con sugerencias y posibles soluciones.

Objetivos: La presente convocatoria tiene por finalidad evaluar y seleccionar la mejor propuesta que permita que la planta permanezca en sus instalaciones, pero sin representar peligro alguno para la población cercana.

La propuesta se deberá contemplar en las siguientes etapas:

Etapas Propuesta energética

- a. Abastecimiento de energía utilizando las diferentes alternativas posibles de combustibles.
- b. Efectos, previsiones y tratamientos ambientales.

Etapas Aspectos relacionados a la mejora de las condiciones y velocidad de los procesos.
Su impacto ambiental.

Etapas Tratamiento de aguas (efluentes y/o agua producida). Implicancias ambientales.

Etapas Preservación de estructuras y tratamiento correctivo.

La mejor propuesta será considerada para la ejecución del proyecto.

Cada etapa se asocia a una unidad, pero no son excluyentes. Cada una tiene objetivos específicos y en ellas, se entrega información adicional sobre procesos que sigue la planta y se induce a buscar alternativas. Hay una quinta etapa integradora, donde, el grupo de estudiantes defiende su posición final frente a los otros grupos y/o se realiza un debate, conferencia de prensa, representación, etc. donde se forman cuatro equipos (Dueños de la planta, trabajadores de la planta, autoridades y población involucrada).

8.4 La evaluación

El 50% de la evaluación, corresponde a los exámenes parcial y final, que el estudiante rinde de manera individual, estos se contextualizan y se plantean en base a

casos o problemas a resolver. La distribución para el otro 50% se muestra en la figura 8.2.



Fig. 8.2: Porcentajes correspondientes a la evaluación en los cursos de Química General

Al terminar cada semestre, se realizan encuestas anónimas, donde se indaga sobre la aceptación de la metodología, los aspectos que más influenciaron el aprendizaje, la relevancia del trabajo en equipo, la adquisición de nuevas habilidades, la percepción sobre los problemas ABP, entre otros. Esta encuesta contempla preguntas que utilizan una escala tipo Likert y otras abiertas, donde el estudiante expresa sus ideas libremente. La siguiente tabla muestra datos promedio de aspectos importantes para los estudiantes.

Tabla 8.2: Aspectos relevantes para el estudiante

Aspecto	%
Desarrollar la habilidad para trabajar en equipo	60
Desarrollar confianza en sí mismo	64
Enfrentarse a problemas reales	73
Desarrollar habilidad para identificar y procesar información relevante	58
Desarrollar ética profesional	67
Desarrollar habilidad para comunicarse en forma oral y escrita	54
Desarrollar habilidad para planear y organizar	68

Durante estos años, la promoción de estudiantes es mayor y las encuestas confirman la aceptación de la metodología y algunos logros. Sin embargo, es difícil saber si ese resultado es consecuencia de: ¿se encuentran motivados y por tanto se involucran más?, ¿es el hecho de que se les pida constantemente pequeñas tareas lo que los obliga a involucrarse?, ¿hay buena empatía con el docente? ¿se realiza permanente evaluación formativa?, etc. Muchas de estas interrogantes siguen sin respuesta concreta y aunque se está trabajando para responderlas, merece la pena analizar la información tanto cualitativa como cuantitativa que ofrecen, parcialmente, respuestas a esas preguntas.

En las etapas de actividades, problema ABP y laboratorio se trabaja fuertemente la evaluación formativa y retroalimentación. Las actividades y problema ABP corresponden al 15% y 20% respectivamente de la nota de práctica calificada. La siguiente tabla muestra de manera general, algunos criterios y tipo de evaluación.

Tabla 8.3: Criterios y distribución de % generales de evaluación de actividades y problema ABP

Aspecto	Tipo de evaluación	Responsables	%
Participación del grupo en clase	Grupal	Profesores	1
Desarrollo de actividad en aula	Individual-grupal	Profesor-alumnos	4
Lecturas y cuestiones teóricas que el alumno realiza	Individual	Profesores	5
Investigaciones e informes previos (problema)	Grupal	Profesores	5
Propuesta final (problema)	Grupal	Profesor-alumnos	10
Defensa (problema)	Grupal	Profesor-alumnos	5
Auto y co-evaluación	Individual-grupal	Alumnos	5
		Total	35 %

En cuanto a las sesiones experimentales (15%), a partir del año 2016, se realizan de la siguiente manera: Se alterna una experiencia propuesta por los estudiantes y una propuesta del docente. En la primera, el grupo propone solucionar algún problema, teniendo en cuenta los materiales, equipos disponibles y el tiempo con que cuentan. En la segunda, el docente plantea el problema a resolver y ellos hacen las propuestas sobre cómo abordarlo en el laboratorio.

En cuanto al efecto de la retroalimentación, en QG2-2014 se planteó de diferente manera la evaluación de los alumnos; las dos primeras etapas se utilizó una rúbrica general, donde se indicaban criterios con un lenguaje muy general. El grupo de estudiantes debía plantear y entregar su solución al problema en la fecha determinada. En las siguientes etapas, se planteó la situación considerando entregas parciales y se insistió en reuniones con el grupo para intercambio de opciones, opiniones, etc. Estos resultados se aprecian a continuación:

Tabla 8.4: Puntajes obtenidos en las etapas del problema ABP

Grupo	Etapas 1 (sin feed-back)	Etapas 2 (sin feed-back)	Etapas 3 (con feed-back)	Etapas 4 (con feed-back)
Grupo 1	0,25	0,75	2,25	2,75
Grupo 2	3	3	3	3
Grupo 3	1,5	1,5	2,25	2,5
Grupo 4	1,75	2	2,75	3
Grupo 5	2,5	2,5	3	3
Grupo 6	2	2,25	3	3
Grupo 7	2,25	2	2,5	2,75
Grupo 8	1,5	1,75	2	1,75
Grupo 9	1,5	1,75	2,5	2,75

Puntaje total: 3 puntos Grupo 2: Siempre buscó retroalimentación, ya sea considerada o no en la rúbrica. Grupo 8: Permanecieron sin retroalimentación

Sucedió lo siguiente: Los grupos que voluntariamente buscaron retroalimentación, siguieron haciéndolo; la mayor parte, que consultaba ocasionalmente, incrementó el feedback y con ello la calidad; de los pocos que no buscaban retroalimentación, una fracción la buscó y también mejoró su calidad. Es decir, disminuyó notablemente la brecha inicial entre los diversos grupos.

Los factores mencionados han sostenido la aplicación de metodología ABP durante estos años, sin embargo, aunque algunas dificultades se vienen mostrando, hay formas de ir las superando.

8.5 Enfrentando los retos

En la tabla 8.5 se muestran algunos retos y la manera en que se afrontan, con buenos resultados:

Tabla 8.5: Retos y la forma de enfrentarlos

Reto	Forma de afrontarlo
Dificultad en el trabajo en equipo. Los estudiantes tienden a dividir el trabajo y fragmentar la información, luego, les cuesta integrarla y el conocimiento se distribuye de forma heterogénea.	Diseño de actividades de aula de modo que se vean obligados a compartir información, sea en parejas o grupal, para resolver los problemas en el tiempo estipulado. Paralelamente, se viene trabajando en one drive y/o <i>google drive</i> , de modo de monitorear el aporte individual de cada integrante y las interacciones del grupo durante la resolución del problema.
Les cuesta transferir el conocimiento, adquirido en un contexto, a otro contexto.	Desarrollar situaciones semejantes en actividades previas. Por ejemplo, en las actividades comparar combustibles apropiados para un auto, para luego relacionar ese conocimiento con lo requerido para la planta de papel.
Baja eficiencia en el manejo del tiempo. Tienen dificultades para valorar la complejidad de las tareas y el tiempo que se requiere para realizarla.	Entrenarlos, estipulando tiempo permitido en las actividades de aula, Sin embargo, no se trata de cumplir tareas sino lograr metas de aprendizaje, razón por la que cuando la mayoría se encuentra atrasado, se flexibiliza el tiempo y se extiende ya sea a la siguiente sesión o permitir terminar fuera del aula.

Falta de seriedad en el trabajo, presentan trabajos superficiales y sin revisarlos.	Proporcionar soporte durante la investigación, propiciar múltiples oportunidades de retroalimentación, así como, justificación de cada uno de los cambios que realizan.
Dificultad para determinar propósitos, planificar y diseñar la investigación.	Ser más explícito, tanto en actividades, textos, rúbricas, etc. , en relación al tipo de análisis que se espera. Propiciar la iniciativa de los estudiantes y estimular negociaciones docente-estudiante.
Dificultad en defender sus decisiones en base argumentos.	Al proporcionar los principios o conceptos involucrados, asegurarse de su comprensión mediante aprendizaje recíproco y/o elaboración de mapas mentales grupales, comunicaciones dentro del grupo y los compañeros, etc.
Deficiente desarrollo de argumentos lógicos.	Realizar preguntas orientadoras, proporcionar herramientas para visualizar las relaciones y hacer que realicen explicaciones, demostraciones y generalizaciones.
Dificultad en el análisis de datos, su tratamiento y la relación con las conclusiones.	Dar a conocer pasos y procedimientos básicos de investigación y entrenarlos en la toma de decisiones, planteando alternativas desde los mini-problemas que se resuelvan en aula.
Dificultad para afrontar situaciones abiertas	Tener claridad en los objetivos de aprendizaje, permitir la independencia de los estudiantes, pero, entrenándose para proporcionar retroalimentación adecuada.
Dificultad, del docente, para proporcionar el soporte y andamiaje requerido por los estudiantes.	Cuidar que se ajusten al contexto real del estudiante y mantener la alineación currículo-intención de aprendizaje. Usar matrices adecuadas, sin olvidar su carácter formativo.
Dificultad, para el docente, al diseñar problemas, actividades y evaluaciones que demuestren el aprendizaje del estudiante.	

Se ha registrado información cualitativa, a partir de las preguntas abiertas y mediante entrevistas/conversaciones con alumnos que han llevado los cursos con esta metodología. La tabla 8.6 muestra la categorización de los comentarios más recurrentes en este tiempo:

Tabla 8.6: Lo que dicen los estudiantes

Categoría	Comentario
Adquirir conocimientos	“...aporto en poder analizar campos dentro de la Química que tengan que ver con Ingeniería Industrial. Además de que me brindo mayor interés por el curso y sus afines y, por ultimo poder afianzar o pulir los conocimientos que tenía anteriormente”
	“..... logre aprender conceptos que antes no me habían quedado muy claros”
	“... ayudo a ver en qué casos de la vida real se utiliza la teoría química. . . .”
Importancia y valoración del trabajo en equipo	“El trabajo en equipo te permite organizarte y alcanzar metas comunes. . . .”
	“También ayudo mucho el trabajar en grupo, ya que creo un trabajo unido y el cual permitió que entre todos nos ayudáramos y a la vez nos interesemos por investigar y desempeñarnos de manera óptima dentro del grupo. . . .”
	“El curso llevado con esa metodología ayudo a trabajar en conjunto con otras personas”.
	“Ayudo mucho en la discusión de temas y la auto evaluación dentro de un grupo. Reconocer cual es la función que desempeñábamos en grupo y frente a las habilidades que ayudaban en que el grupo caminara de manera ordenada”
	“Aprendí a organizarme para el trabajo en equipo. . . .”
	“El trabajar en grupo ofrecía compartir conocimientos de cada integrante así como retroalimentación para el trabajo. . . .”

Metodología,
problemas
de aplicación
real
y motivación

“La metodología me parece muy buena, puesto que hay una mayor participación por parte de los alumnos, por lo tanto esto conduce a que estos tengan un nivel de aprendizaje elevado. Además, este tipo de trabajo, permite al profesor conocer más a sus alumnos, debido a que está en relación constante con ellos”

“Siempre me pareció interesante el ver la química del punto de vista que ofrecía dicha metodología, el trabajar en grupo ofrecía compartir conocimientos de cada integrante así como retroalimentación, además era atractivo recibir la enseñanza de manera atípica (sin pizarra, teoría), enfocándola en casos reales en los cuales podíamos ver que lo aprendido servía en situaciones reales”

“Resolver los problemas enseña a utilizar lo aprendido en forma práctica”.

“..... me llamaba la atención y me gustaba mucho eran los tipos de problemas que proponían; es decir preguntas reales y dentro de un contexto que fácilmente lo identificamos en la realidad, ya que en los libros lo que encontramos son problemas aislados y que aparentemente no buscan un fin sino solo saber calcular mediante una fórmula”

“Los proyectos globales fueron muy interesantes, ya que lo relaciono con posibles problemas a presentarse, dándome un mayor panorama”

“El tipo de metodología aplicado es muy interactivo, ya que se logra implementar los temas con las actividades y los proyectos teniendo más dominio del tema. Además ayuda a comprender aspectos básicos de la vida con referencia a la química”

“Un buen trato en la relación asesor-alumno es como un ¿valor agregado? a la enseñanza que brindan, me parece que aumenta el deseo de aprender y la satisfacción con el curso”

“... Ayuda a entender los temas y relacionarlos con la vida real.”

“..... aprendí a desarrollar un pensamiento crítico y propio para un ingeniero, ordenando y secuenciando mi trabajo”...

“Esta metodología te mantiene en constante atención en el transcurso de la clase, porque uno mismo quiere ir resolviendo el problema...”

Capacidad de
análisis, toma
de decisiones y
argumentación

“En cuanto a la capacidad de análisis, me parece que la potencia bien, ya que al hacer un problema que está aplicado a la realidad, la motivación para encontrar la solución es mayor, y surgen ideas para la resolución que son compartidas y discutidas por el grupo. En sí todo el método es muy bueno para el aprendizaje, ya que no es la típica monótona clase sobre la que pierdes interés... es una forma muy interactiva y práctica de aprender.

“Me permitió encontrar relaciones de manera más rápida permitiendo un análisis más profundo en los temas y un mayor aprendizaje ya que me ayudo a retener los temas con mayor facilidad. “.... la última parte del curso de Química fue increíble, dar nuestras posiciones en un debate con opiniones diversas, a favor y en contra; con muy buenos argumentos muchas veces difíciles de contrarrestar y al final formarse una idea sobre las consecuencias tanto positivas como negativas para la sociedad y medio ambiente fue muy bueno para mí,....”

“...era necesario adecuarlo al problema para tomar una decisión...”

“Considero que es una buena forma de aprender ya que al asumir una posición es necesario encontrar los argumentos para refutar la opinión contraria. Para ello, es necesario un estudio previo de la situación que permita poder defender cada punto de vista. Por otro lado, relacionarlo con hechos reales permite dar una visión más amplia del tema y considerar aspectos que indirectamente influyen según cada cultura (legal, social, económica, entre otros); esto permite un mejor desarrollo de habilidades para defender la posición y un estudio completo del caso”.

Desarrollo de habilidades blandas: profesionales/personales	<p>“.....me ayudó a enfrentarme en un aspecto personal al miedo de hablar en público - ya que como es obvio a corto plazo lo tendré que realizar y muy frecuentemente y debo tener experiencia en ello- también a aceptar las críticas y oposiciones muy bien fundamentadas sobre el tema”</p> <p>“Más que dar información exhaustiva o necesaria, el ABP me ayudo a investigar lo cual es fundamental pues, a medida que pase el tiempo, uno como profesional tiene que aprender e investigar por su cuenta”</p> <p>“...la retroalimentación permitía que podamos redirigir nuestra solución y analizar nuevamente algunos aspectos....”</p>
---	---

Por supuesto, también hay grupos de alumnos que no logran adaptarse al trabajo grupal o bien están en desacuerdo con la metodología: *“...es importante y bueno el trabajo en equipo, pero esto involucra responsabilidad de cada uno de los integrantes y muchas veces no sucede así, logrando insatisfacciones con algunos del grupo.”*

8.6 Reflexiones finales

A través de estos años, el impacto de la metodología ABP es permanentemente evaluada desde los enfoques cuantitativo y cualitativo, lo cual permite mirar tanto lo que se logra como el por qué se logra. Esta información destaca aspectos que resultan importantes:

- La participación del estudiante:
 - Debe asumir su papel protagónico y esa responsabilidad.
- La participación o papel del profesor es determinante, ya que:
 - Diseña los problemas y las actividades de aula, por tanto debe conocer la teoría implícita y formas apropiadas de presentarla para su asimilación, es

decir tener muy claro cuáles son los objetivos de aprendizaje, conocer las estrategias pedagógicas apropiadas y las competencias buscadas.

- Realiza retroalimentación tanto en aula como externa, por tanto debe estar capacitado para guiar y asesorar efectivamente a los estudiantes.
 - Evalúa el desempeño del estudiante en todas sus facetas, lo cual requiere objetividad y justicia.
- Las interacciones docente-estudiante:
 - Se generan situaciones de reflexión, de ida y vuelta, de manera continua y se requiere dialogar y facilitar la comunicación directa y entre los integrantes.
 - Mostrar el entusiasmo por la materia y mostrar sincero afecto y solidaridad con los estudiantes les comunica motivación por el aprendizaje.
 - Predicar con el ejemplo, si el profesor quiere inculcar actitudes y valores, entonces debe ser congruente en lo personal.

No podemos olvidar que: cualquier propuesta que se aplique requiere adaptarla al contexto específico y los propósitos que nos planteamos al planificar, ya que esos mismos guían en la elección de la evaluación.

La educación debe promover el conocimiento autónomo y aunque los resultados corresponden a una implementación particular cabe esperar que se obtendrán mayores beneficios si se persiste.

Referencias

- Alfaro-Rocher, I., Apodaca-Urquijo, P., Arias Blanco, J., García-Jiménez, E. & Lobato-Fraile, C. (2006), *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior*, Alianza Editorial, Madrid, Spain.
- Arias-Schreiber, M. (2015), *Estudio sobre los diferentes factores que influyen en los jóvenes a inclinarse por una formación científico-técnica.*, Concytec.
- Barrel, J. (1999), *Aprendizaje basado en Problemas, un enfoque investigativo.*, Editorial Manantial, Buenos Aires, Argentina.
- Barrows, H. S. (1996), 'Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview', *New Directions for Teaching and Learning* **1996**(68), 3–12.

- Chamizo, J. A. (2001), 'El curriculum oculto en la enseñanza de la química', *Revista Educación Química* **12**, 194–198.
- Cooper, M. & Sandi, U. (2009), 'Design and validation of an Instrumen to assess metacognitive skilfulness in Chemistry problem Solving', *Journal of Chemical Education* **86**(2), 240–245.
- Díaz-Barriga, H. (2004), *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, McGraw-Hill, Mexico.
- Dueñas, V. H. H. (2001), *El aprendizaje basado en problemas como enfoque pedagógico en la educación en salud*, Vol. 32, Corporación editora médica del Valle, Cali.
- Elwood, J. (2006), 'Formative Assessment: Possibilities, boundarais, and limitation', *Assessment Education* **13**(2), 15–232.
- Fernandez-Larrama, N. & Albornoz, M. (2014), 'La Internacionalización de la Educación Superior y la Ciencia en Argentina.', *Internacionalización de la Educación Superior y la Ciencia en América Latina y el Caribe: Un Estado del Arte*.
- Ferreyra, H., Bono, L. & Vidales, S. (2012), 'Cultura Tecno científica, percepción pública y participación ciudadana.'
- Kolmos, A. (2004), 'Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos', *Educare*, **33**, 77–96.
- Ley-Fuentes, M. G. (2014), 'El Aprendizaje Basado en la Resolución de Problemas y su efectividad en el Desarrollo de la Metacognición.', *Educatio Siglo XXI* **32**(3), 211–229.
- López-Pastor, V. (2012), 'Evaluación formativa y compartida en la universidad: clarificación de conceptos y propuestas de intervención desde la Red Interuniversitaria de Evaluación Formativa. , 4;1; 117-130. Pp 119,120', *Psychology, Society, Education* **4**(1), 117–130.
- Morales-Bueno, P. (2011), 'Logros en la implementación de modalidades híbridas de ABP', *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, **9**(1).
- National Academy of Engineering (2004), 'The Engineer 2020: Visions of Engineering in the New Century'.
- National Academy of Engineering (NAE) & of Sciences NAS, N. A. (2005), *Educating the engineer of 2020: Adapting engineering education to the new century*,

National Academies Press., Washington D.C.

URL: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=11338&page=17

- Polino, C. (2012), 'Las ciencias en el aula y el interés por las carreras científico-tecnológicas: Un análisis de las expectativas de los alumnos de nivel secundario en Iberoamérica', *Revista Iberoamericana de educación* **58**, 167–191.
- Quintanilla, M., Joglar, CLabarrere, A., Merino, C., Cuellar, L. & Koponen, I. (2014), '¿Qué piensan los profesores de química en ejercicio acerca de la resolución de problemas científicos escolares y sobre las competencias de pensamiento científico?', *Estudios pedagógicos* **40**(2), 265–284.
- Rivas, S. F., Bueno, P. M. & Saiz, C. (2014), 'Propriedades psicométricas da adaptação peruana de pensamento crítico teste PENCRISAL', *Avaliação Psicológica* **13**(2), 257–268.
- Ruz, T. P., Ramos, E. E. & Martín, C. (2012), 'Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad', *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* **9**(1), 71–77.
- Sandi-Ureña, S. & Cooper, M. (2010), 'Evaluación y desarrollo de la metacognición en la enseñanza de la química.', *Ciencia y Tecnología* **26**(1-2), 47–57.
- Tiknaz, Y. & Sutton, A. (2006), 'Exploring the role of assessment tasks to promote formative assessment in Key Stage 3 Geography: Evidence from twelve teachers.', *Assessment in Education: Policy, Principles and Practice* **13**(3), 327–343.
- Tunning America Latina (2011), 'Innovación educativa y social.'
- URL:** <http://www.tuningal.org/es/>
- Wood, D. (2002), *Aprendizaje Basado en Problemas. Como obtener el mejor provecho del ABP*, Editorial ACD.

AFILIACIONES

María Felipa Cañas Cano

Universidad de Piura, Perú

e-mail: maria.canas@udep.pe

Capítulo 9

Promoción de Educación en Ingeniería desde una Propuesta STEM Orientada por Proyectos

Mariana Tafur, Angela Restrepo y Carola Hernandez

Resumen: En este documento presentaremos el curso Educación en CTIM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), el cual hace parte de la Maestría en Educación de la Universidad de los Andes, programa orientado por un enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas organizado en torno a proyectos. Este curso busca integrar las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por medio de un proyecto de investigación en Educación. El curso que acá se analiza se desarrolló en el primer semestre de 2016. Se realizó un análisis temático de las discusiones virtuales, asesorías y proyectos realizados por 5 grupos conformados por 16 estudiantes. Este análisis arrojó nueve categorías emergentes relacionadas con enseñanza-aprendizaje, integración STEM y educación en ingeniería.

Keywords: STEM education, PO-PBL, Engineering Education, Integration

Nível: Course

9.1 Introducción

Durante el primer semestre de 2016, se llevó a cabo el curso Educación en CTIM, un curso electivo de la concentración en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas de la maestría en Educación en la Facultad de Educación de la Universidad de Los Andes. Esta maestría, orientada a docentes y directivos de instituciones, fue creada en el año 2001 y rediseñada en 2013 para darle un enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), organizado en torno a proyectos (PO-PBL por sus

siglas en inglés), de manera alineada con el modelo PO-PBL de Aalborg ([Hernandez et al. 2015](#)). La estructura de la maestría ofrece espacios para la promoción de habilidades como aprender a aprender, trabajo en equipo, delimitación de problemas complejos, uso de diversas fuentes y teorías para proponer soluciones y pensamiento crítico. En particular, este curso desarrolla sus objetivos por medio de la ejecución de un proyecto de semestre, el cual se basa en el trabajo colaborativo, la identificación y solución de problemas de investigación educativa, y el análisis de la implementación de las soluciones propuestas para el salón de clases.

Educación en CTIM es un curso que busca estudiar cómo integrar efectivamente las áreas STEM, Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM por su sigla en inglés)¹, tanto en el curso de la maestría, como en las aulas de clase en las que los estudiantes desarrollan sus proyectos. El integrar las áreas STEM es una propuesta que cada vez cobra más fuerza en el mundo, ya que se relaciona con la capacidad de innovar, competir y desarrollarse en el mundo actual donde la tecnología permea la cultura de formas diversas ([National Science Board 2007](#), [President's Council of Advisors on Science Technology 2010](#), [Voogt & Pareja Roblin 2010](#)). De hecho, internacionalmente se ha investigado la importancia de introducir la educación STEM desde los años primarios para generar un efecto positivo en el interés de niños y niñas en la elección de carreras STEM ([Institute of Mechanical Engineers \(IME\) & Engineers 2010](#)), reconociendo la necesidad de integrar las diferentes áreas STEM ([Bybee 2010](#)). Esta integración e incorporación desde años primarios es promovida a través de los proyectos del curso Educación CTIM, buscando un balance entre una profundización en cada área y a su vez en el estudio de cómo integrarlas. Durante la fase de profundización en las áreas de tecnología e ingeniería, las actividades del curso se desarrollan desde el enfoque de [Dym et al. \(2005\)](#) de diseño en ingeniería, y desde el de alfabetización tecnológica de [Pearson & Young \(2002\)](#). Los estudiantes elaboran un marco teórico basado en los elementos de tecnología e ingeniería de su propuesta STEM, y se enfocan en cómo integrar algunos elementos básicos del proceso de diseño de ingeniería en sus proyectos.

¹ En este escrito se utilizará la sigla la sigla STEM para referirse al concepto de integración de las áreas Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas ya que esta sigla es mundialmente utilizada para referirse a dicho constructo. La sigla CTIM para referirse al nombre del curso ya que está en español.

A continuación, presentamos primero el marco POPBL, modelo en el cual está sustentada la maestría, luego presentamos el curso y cómo está pensado, la metodología de análisis que utilizamos, los proyectos y los resultados del análisis que realizamos, algunos aprendizajes y retos del curso, y finalmente algunas conclusiones.

9.2 Modelo POPBL

La maestría en Educación es un programa de posgrado dirigida a un público diverso que se interesa en la educación. En ese sentido, cuenta con estudiantes que son en su mayoría docentes (que llamaremos docentes-estudiantes) en diversos niveles educativos desde la primera infancia hasta el universitario, así como en múltiples áreas disciplinares, además de otro tipo de perfiles como administrativos educativos o personas interesadas en la política pública en educación. Dentro de la maestría se considera importante que los docentes-estudiantes sean personas capaces de reflexionar e investigar su práctica educativa para poder aportar a las transformaciones que se requieren en un contexto concreto, lo que se plasma en la visión del programa:

La apuesta curricular y pedagógica del programa está en el Aprendizaje Basado en Problemas Orientado por Proyectos (...) a través del cual se espera que los estudiantes vivan una experiencia educativa que materialice los tres conceptos orientadores de la misión de la Facultad de Educación: la crítica, la participación y la reflexión. Estos tres conceptos se articulan en el supuesto de que la educación debe contribuir al mejoramiento de la sociedad (...) se trata de entender los procesos sociales como procesos dinámicos en los que hay que considerar las circunstancias actuales, tomar una postura crítica frente a ellas, participar activamente en la construcción de experiencias que contribuyan a un mundo mejor, y mantener una reflexión permanente sobre la práctica educativa que permita aprender de ella, conceptualizarla y, a partir de esto, mejorarla. (Facultad de Educación, s.f.)

Adicionalmente, desde su inicio la maestría ha buscado ser un programa innovador tanto en lo curricular como en lo pedagógico, de manera que los participantes vivan a través de sus cursos una experiencia educativa enriquecida que puedan llevar luego ellos a sus propias áreas de desempeño.

Esta idea de tener un currículo basado en competencias en el cual la mitad del tiempo se emplea en desarrollar proyectos surgió en Dinamarca a mediados de la década de 1970 cuando se fundaron las Universidades de Roskilde y Aalborg como

respuesta a un movimiento estudiantil importante que deseaba cambios en la formación académica y una industria que deseaba nuevas competencias para los ingenieros (De Graaff & Kolmos 2007). Particularmente en la Universidad de Aalborg el trabajo en proyectos en la facultad de ingeniería fue tomando cada vez más fuerza por el desarrollo de habilidades y competencias propias de las ciencias y la ingeniería dado que los estudiantes aprendían de maneras muy similares a las cuales se desarrollaría su vida profesional a través del desarrollo de proyectos y adicionalmente se integraban muy fácilmente al campo laboral (Kolmos & Holgaard 2010).

Los cursos orientados por proyectos en la maestría en educación asumen los principios del modelo presentado por Vithal et al. (1995) sobre la Universidad de Aalborg: 1. El aprendizaje orientado por problemas organizado en los proyectos, en donde es el problema quien detona y moviliza el proceso de aprendizaje. 2. La interdisciplinariedad porque las propuestas de solución de los problemas en muchos casos requieren de conocimientos de diversas disciplinas. 3. Los estudios dirigidos por los estudiantes, dado que los estudiantes son el centro de la actividad y sus decisiones las que llevan al desarrollo de los procesos y los proyectos, en este sentido el profesor es un acompañante y orientador que participa con ellos, pero no está en control del proyecto. 4. La ejemplaridad que es el principio que orienta la relevancia de los problemas escogidos, en este sentido se busca que los problemas que se abordan permitan a los estudiantes comprender y apropiarse de la estructura básica de su disciplina y la forma en la que se genera conocimiento en ella, de tal forma que pueda re-contextualizar este proceso a nuevos problemas.

En los cursos orientados por proyectos, los participantes se enfrentan en equipos a problemas reales del contexto educativo que requieren que tomen acciones concretas en términos de la indagación, sistematización, reflexión y producción académica para proponer soluciones y mejoras integrando las competencias y los conocimientos pedagógicos y disciplinares. Esto les permite que se involucren en un proceso complejo de negociación del significado de los conceptos de las disciplinas que puede abordar la solución al problema y de los métodos de investigación pertinentes para plantear una solución. Esta negociación no sólo ocurre como un proceso cognitivo de cada docente-estudiante, sino que también sucede en el trabajo colectivo con los otros miembros de su equipo y con el profesor quien es un experto en el área. De esta manera, los docentes-estudiantes se apropian del lenguaje, de las maneras

de razonar en las disciplinas y de las formas de argumentar y enfrentar problemas propios de la comunidad de investigadores en las que el problema se presenta.

A continuación, se describe el proyecto desarrollado en el curso, alguna información demográfica de los docentes-estudiantes, la forma en la que los proyectos promovieron una formación sobre ingeniería y cómo la ingeniería contribuyó a la integración STEM de los proyectos.

9.3 Proyecto STEM del curso Educación en CTIM

El curso *Educación en CTIM* se desarrolla a través de proyectos no estructurados que promueven habilidades investigativas necesarias para desarrollar su tesis de grado al finalizar la maestría. De esta forma, el curso “pretende promover una reflexión sobre la enseñanza y el aprendizaje en matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería, a través de actividades que promuevan el aprendizaje de manera integrada y su evaluación.” (Restrepo & Tafur 2016). Los proyectos son desarrollados en grupos que los docentes-estudiantes de la clase escogen basándose en su afinidad y localidad geográfica; las temáticas de cada proyecto se determinan de acuerdo a sus intereses y grado en el que desempeñan su práctica docente.

El presente estudio se enfoca en el curso que se desarrolló en el primer semestre del 2016. El curso tuvo una duración de 4 meses organizados en 5 módulos de contenido. Los módulos inicial y final se enfocaron en la integración de las áreas STEM. El segundo módulo se enfocó en las áreas de ingeniería y tecnología, el tercero en matemáticas, y el cuarto en ciencias. El proyecto fue retroalimentado y evaluado constantemente de forma coordinada con los contenidos del módulo que se estuviesen adelantando. Así, durante el primer módulo STEM se trabajó en identificar una temática para el proyecto, estudiando la justificación del mismo y una primera aproximación al marco teórico desde una visión STEM articulada. Durante el segundo módulo (Ingeniería y Tecnología) se profundizó en cómo el diseño propio en ingeniería promovía los objetivos trazados para el proyecto, y el marco teórico se amplió basado en elementos de ingeniería y tecnología que sustentaran la propuesta. Adicionalmente se inició la propuesta metodológica para la investigación en educación STEM. En el módulo tres (Matemáticas), se prosiguió a conectar la propuesta con elementos de matemáticas, complementando el marco teórico desde una

perspectiva de resolución de problemas matemáticos y competencias transversales. Así mismo, se procedió a realizar pilotos de instrumentos y actividades diseñadas en el marco del proyecto. Durante el cuarto módulo (Ciencias), se continuó la construcción del marco teórico, ahora desde una perspectiva de ciencias naturales, se recopilaron y consolidaron los datos y se realizó un primer análisis de los mismos. Durante el quinto y último módulo (STEM) el enfoque fue de integración STEM, buscando cómo cada una de las áreas informaba al análisis del proyecto y cómo éstas se conectaban para lograr la integración STEM.

Un total de 16 estudiantes de la maestría participaron en esta cohorte del curso. Todos hacen parte del grupo de la concentración en educación CTIM y sus tesis de maestría están ligadas con una investigación de educación STEM. Los participantes son docentes de instituciones públicas, en su mayoría docentes de colegio a nivel de primaria y secundaria, y un par de docentes enseñan a nivel universitario. El 62% son mujeres y el 43% trabajan en la zona rural. Para el proyecto, los docentes-estudiantes formaron 5 grupos de trabajo de 3 y 4 personas, de acuerdo a sus intereses y localización o institución. A continuación, se presentará un resumen de las temáticas de cada uno de los proyectos desarrollados.

9.4 Método de análisis

El presente estudio se basó en una aproximación cualitativa del análisis de los proyectos desarrollados en clase. Debido a su enfoque de profundidad en un contexto muy particular, el análisis buscó una aproximación interpretativa de las experiencias y proyectos de cada estudiante del curso. Por esta razón se realizó un análisis temático ([Braun & Clarke 2006](#)) con el cual se identificaron categorías alineadas con PO-PBL ([Hernandez et al. 2015](#)) y el proceso de diseño de Ingeniería ([Dym et al. 2005](#)).

Las temáticas, de las que se desprendieron las categorías, emergieron de perspectivas de primer y segundo orden ([Sjostrom & Dahlgren 2002](#)), es decir del análisis de los resultados de los proyectos de integración STEM y de las perspectivas de los docentes-estudiantes sobre sus experiencias durante el proyecto. Teniendo en cuenta el análisis propuesto por [Braun & Clarke \(2006\)](#) para el diseño del método, dos tipos de temas se incluyeron dentro de las dimensiones de Ingeniería para el aprendizaje

basado en proyectos (Ing-PO-PBL). En primer lugar, se incluyeron aquellos temas que se identificaron en los proyectos y reflexiones de los docentes-estudiantes de forma reiterada, en segundo lugar, aquellos temas que los estudiantes consideraron como centrales en sus proyectos. Adicionalmente, tanto el docente-estudiante de manera individual como el grupo de proyecto fueron considerados dos niveles de unidad de análisis, cuyo foco se centró en la riqueza de la descripción más que en aspectos particulares, permitiendo que las categorías emergieran de forma inductiva y sustentada en lo que los datos comunicaban de forma explícita. Así mismo, este análisis temático se basó en una aproximación constructivista en donde se tiene en cuenta el contexto de cada proyecto y se reconoce la aproximación STEM dada por cada grupo para analizar el papel de la ingeniería para cada caso.

9.5 Integración de las disciplinas como guía de aprendizaje

El desarrollo de las actividades de clase y del proyecto de grupo se llevó a cabo desde una propuesta didáctica basada en la visión de [Dym et al. \(2005\)](#) para el desarrollo de procesos de diseño de ingeniería y en la integración de áreas STEM, como lo resaltan [Mann et al. \(2011\)](#). Durante los seis módulos del curso los docentes-estudiantes tuvieron la oportunidad de revisar su proyecto desde enfoques diferentes: primero integración STEM, segundo desde una aproximación de ingeniería y tecnología, tercero desde matemáticas, luego desde ciencias y por último desde una nueva visión de integración. Este proceso iterativo de diseño de los proyectos de investigación y de las propuestas de intervención en aula permitió generar ciclos de diseño de ingeniería del proyecto. Así mismo, el poder dar un enfoque desde una disciplina diferente en cada módulo de la clase, permitió generar espacios de discusión y reflexión individual y grupal sobre cómo lograr integrar las áreas STEM a través de un proyecto de aula.

Tomando el proceso de diseño de ingeniería y la integración STEM como elementos de orientación de la clase, se analizaron los aportes de los docentes-estudiantes en los foros y asesorías. De estos aportes emergieron las categorías presentadas en la tabla 9.1, que informan sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes durante la clase.

Los principales elementos encontrados se pueden categorizar en nueve (9) dimensiones emergentes del análisis de datos: habilidades para el EDP, ingeniería como profesión, naturaleza de los problemas, integración, conexión con áreas STEM, competencias transversales, trabajo colaborativo y motivación.

De las categorías que emergieron de las discusiones y trabajos de los docentes-estudiantes, dos en particular se enfocan en la educación en ingeniería. La primera temática se enfoca en las habilidades de diseño en ingeniería, una de las subcategorías más comentadas por los docentes-estudiantes, así como trabajo colaborativo, motivación e integración. De hecho, algunos de los docentes-estudiantes comentan que el trabajo del proyecto desde una versión de diseño de ingeniería promueve la motivación de sus estudiantes: "...la curiosidad en los niños permite introducir actividades de ingeniería a temprana edad donde ellos quieren saber cómo funcionan y se hacen las cosas..." (Est.1, Proy. Mejorando el Campo). También comentan que promueve la colaboración entre colegas "El trabajo colaborativo ha sido una fuente de aprendizaje incalculable que me ha dotado de las herramientas necesarias... [para] aportar mi granito de arena con iniciativas que desde lo inmediato comienzan a generar cambios" (Est.1, Proy. Matemática Creativa). Y que promueve la integración de las áreas STEM

El proyecto STEM que se propone... busca que los niños participen activamente en la solución de un problema ambiental, integrando las matemáticas y ciencias como inicio o fundamento teórico del proyecto llevándolo a la introducción del área de tecnología y, así mismo, todo este conjunto de actividades y procesos que se llevarán a cabo, se alinean de manera muy acertada hacia la ingeniería (Est.1, Proy. Recolección de Aguas Residuales).

Incluso el poder articular los proyectos desde una visión STEM permite un mejor manejo del tiempo de clase y desarrollo de habilidades transversales

...la educación STEM ofrece un "plus", la visión de la ingeniería como integrador de ciencias, como eje o hilo conductor de estas áreas hacia el desarrollo de ciertas habilidades en el estudiante mediante la solución de problemas y el diseño de sus propuestas (Est.2, Proy. Recolección de Aguas Residuales).

La segunda temática relacionada con educación en ingeniería se enfoca en la Ingeniería como profesión. Esto se evidencia en las reflexiones de los docentes-estudiantes donde exponen que la integración STEM les permitió ver la ingeniería como algo asequible y útil para su práctica docente

Tabla 9.1: Categorías emergentes

Categoría	Temática	Descripción
Enseñanza-Aprendizaje	Trabajo Colaborativo	Trabajo entre estudiantes y colegas, ya sea en el curso Educación CTIM (participantes como estudiantes) o en sus propias instituciones (participantes como docentes)
	Motivación	Enganche de los participantes en el aprendizaje de Educación CTIM, y de sus estudiantes en el aprendizaje de áreas STEM a través de los proyectos de aula implementados.
	Competencias Transversales	Habilidades para el Siglo 21 de Acuerdo con el marco teórico de Voogt & Pareja Roblin (2010)
	Naturaleza de los Problemas	Explicación de elementos clave de los problemas que se buscan desarrollar a través del proyecto (ej. Autenticidad, relevancia)
Integración STEM	Integración	Integración entre ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología, y de éstas con otras áreas disciplinares
	Conexión de áreas	Elementos propios de las áreas disciplinares, que se conectan entre sí (ej. Estimación y experimentación)
	Competitividad	Rol del estudiante como ente transformador de la sociedad, comprometido e integral
Educación en Ingeniería	Habilidades EDP	Proceso de diseño en Ingeniería (por sus siglas en inglés EDP), que incluye elementos como el manejo de incertidumbre o análisis de fallas
	Ingeniería como Profesión	Conexión con enfoque a futuro sobre posibles profesiones en ingeniería y otras áreas STEM

La ingeniería por su parte la hemos visto como algo complicado y ajeno a nuestro que-hacer, siendo esta mirada totalmente errónea dado que, es precisamente ésta la que permite desarrollar habilidades para diseñar y crear soluciones a diversas necesidades a partir de la curiosidad y creatividad de los educandos (Est.2, Proy. Mejorando el Campo)

Finalmente, los docentes-estudiantes también vieron esto como una posibilidad para enganchar a sus estudiantes en profesiones STEM: “Como valor agregado, el modelo STEM puede permitir una aproximación para que los estudiantes orienten sus intereses hacia ciertas profesiones que muchas veces no parecen llamativas” (Est. 3, Proy. Recolección de Aguas Residuales).

9.6 Cinco proyectos, un curso

Durante el desarrollo del curso, los grupos construyeron y retroalimentaron sus proyectos basados en talleres realizados en sesiones presenciales y discusiones virtuales. Durante el taller enfocado en ingeniería y tecnología se enfatizaron tanto el proceso de diseño en ingeniería (Cunningham & Hester 2007), como las habilidades transversales necesarias para llevar a cabo este proceso (Dym et al. 2005). Los talleres desarrollados en los demás módulos trabajaron elementos útiles para el proceso de diseño en ingeniería (EDP por sus siglas en inglés) como resolución de problemas (módulo de matemáticas), indagación (módulo de ciencias) o preconcepciones sobre el quehacer de un ingeniero (módulo STEM).

Durante las discusiones virtuales, los docentes-estudiantes reflexionaron sobre estas habilidades y el EDP, conectando con los autores y con las experiencias y aportes de sus compañeros.

9.6.1 Proyectos de Ingeniería integrados con ciencia y matemáticas

Los cinco proyectos desarrollados en el curso por los grupos se enfocaron en alguna de las áreas STEM y se apoyaron en la integración de las demás. Dos grupos desarrollaron proyectos enfocados principalmente en matemáticas (Matemática Creativa y Mejorando el Campo). Un grupo desarrolló un proyecto enfocado en cien-

cias (Viaje a la Antártida). Finalmente, dos grupos desarrollaron proyectos enfocados en tecnología e ingeniería (Estructuras y Recolección de aguas-lluvias). De las nueve dimensiones identificadas, en los proyectos evidenciamos que los docentes-estudiantes en particular se apoyaron en las siguientes: habilidades para el EDP, integración, competencias transversales, trabajo colaborativo y motivación. A continuación, presentamos en la tabla 9.2 una breve descripción de los proyectos y las principales categorías observadas en el desarrollo de los mismos.

9.7 Aprendizajes y retos

A continuación presentamos primero los principales aprendizajes del curso y luego los retos.

Un elemento muy interesante para el curso, que aportó a todos sus participantes, fue la diversidad de perfiles tanto de los docentes-estudiantes, como de los profesores del curso. Los estudiantes del curso eran en su gran mayoría docentes de primaria y de secundaria de diferentes áreas, y un par de ellos de nivel universitario. Adicionalmente, los perfiles de las profesoras aumentaron esta diversidad desde sus enfoques de Educación Matemática y Educación en Ingeniería. Esto permitió que las discusiones tanto presenciales como virtuales fueran siempre alimentadas por visiones diversas.

Otra oportunidad de aprendizaje en el curso vino de la posibilidad de que los docentes-estudiantes escogieran el proyecto que quisieran desarrollar a partir de sus intereses. Esto permitió que el curso se nutriera de una diversidad de proyectos (por ejemplo, qué actividad STEM proponer para desarrollar el pensamiento científico o cómo desarrollar un proyecto que promueva la integración multi-grado a partir de un diseño de ingeniería). El hecho de que estos proyectos partieran de sus intereses, llevó a que tres de cinco grupos continuaran investigando el tema ya sea en sus proyectos de tesis o en proyectos de investigación extracurriculares.

En cuanto a los retos que identificamos como profesores del curso se encuentran la alineación con los trabajos de grado, el tiempo previsto para el desarrollo de los proyectos, y el seguimiento y evaluación de los proyectos.

Para los estudiantes que ya se encuentran desarrollando un proyecto de grado, el identificar un proyecto STEM puede representar un desafío. Sin embargo, para los

Tabla 9.2: Proyectos y categorías

Proyecto	Descripción	Categorías observadas
Estructuras	El proyecto buscaba fomentar el aprendizaje significativo y la aplicabilidad de las áreas STEM para resolver problemas de su cotidianidad.	Habilidades para el EDP, trabajo colaborativo, competencias transversales.
Recolección de Aguas Residuales	El proyecto buscaba trabajar con los estudiantes en el diseño y construcción de un colector de aguas lluvias como metodología integradora en una escuela rural unitaria, promoviendo el desarrollo de habilidades tecnológicas y científicas, mediante la solución de problemas del contexto.	Habilidades para el EDP, motivación, trabajo colaborativo.
Viaje a la Antártida	El proyecto se basó en una situación hipotética de supervivencia en la Antártida, que sus estudiantes debían resolver aplicando los conocimientos STEM, y herramientas de las áreas STEM, motivación, generando el desarrollo del pensamiento científico.	Integración entre las áreas STEM, trabajo colaborativo y motivación.
Matemática Creativa	El proyecto buscaba favorecer la percepción de los estudiantes de grado primero frente al sentido y la utilidad de las matemáticas a través de una actividad que involucró las ciencias, la tecnología y la ingeniería como disciplinas que se apoyan en las matemáticas.	Conexión de áreas, motivación.
Mejorando el Campo	El proyecto buscaba orientar y enseñar a los estudiantes a resolver problemas de la vida cotidiana por medio del método heurístico de Polya, haciendo especial énfasis en la comprensión lectora.	Integración entre las áreas STEM, competencias transversales.

estudiantes que no han iniciado su proyecto de grado, el proyecto del curso puede representar una oportunidad para dar inicio a su tesis. Es por esto que es recomendable que los grupos estén conformados por estudiantes iniciando o finalizando la maestría. Por ejemplo, para el grupo de Estructuras, el proyecto fue un trabajo adicional a su tesis, mientras que para el grupo de Recolección de Aguas Residuales este se convirtió en su trabajo de grado. En cuanto al tiempo previsto para el desarrollo de los proyectos, identificar una problemática en la que se pueda desarrollar una integración STEM, diseñar una intervención en el aula, implementarla y recoger los datos, y analizar los datos, normalmente toma más de 4 meses que es la duración del curso.

Finalmente, otro gran reto del curso es el seguimiento al trabajo en grupo y la conexión del mismo y sus reflexiones individuales. El poder retroalimentar a los docentes-estudiantes teniendo en cuenta las particularidades de cada proyecto, los requerimientos y restricciones propios del diseño en ingeniería, hacen que la evaluación y seguimiento sea un desafío. Sin embargo, este reto se supera gracias a la diversidad de aproximaciones de las profesoras y la retroalimentación continua tanto a través de asesorías como de pares.

9.8 Conclusiones

El curso Educación en CTIM presenta un espacio para el desarrollo de proyectos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, buscando integrar las áreas, apoyándose en el proceso de diseño de ingeniería. Los docentes-estudiantes analizaron, reflexionaron y aplicaron elementos necesarios en el quehacer de un ingeniero, por medio de talleres, discusiones y un proyecto alineado con la metodología de POPBL de la Universidad de Aalborg. Entre los elementos que más sobresalen en las discusiones y proyectos de los estudiantes se encuentran las habilidades para el diseño de ingeniería, la ingeniería como profesión, la naturaleza de los problemas, la integración, la conexión con áreas STEM, la inclusión de competencias transversales, el trabajo colaborativo y la motivación.

Referencias

- Braun, V. & Clarke, V. (2006), 'Using thematic analysis in psychology', *Qualitative research in psychology* **3**(2), 77–101.
- Bybee, R. W. (2010), 'Advancing STEM education: A 2020 vision', *Technology and Engineering Teacher* **70**(1), 30–35.
- Cunningham, C. M. & Hester, K. (2007), 'Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children'.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2007), 'History of problem-based and project-based learning', *Management of change: Implementation of problem-based and project-based learning in engineering* pp. 1–8.
- Dym, Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., Leifer, L. J., Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D. & Leifer, L. J. (2005), 'Engineering design thinking, teaching, and learning', *Journal of Engineering Education* **94**(1), 103–119.
- Hernandez, C., Ravn, O. & Valero, P. (2015), 'The Aalborg University PO-PBL Model from a Socio-cultural Learning Perspective', *Journal of Problem Based Learning in Higher Education* **3**(2), 16–36.
- Institute of Mechanical Engineers (IME) & Engineers, I. o. M. (2010), 'When Stem? A Question of Age.'
- Kolmos, A. & Holgaard, J. E. (2010), 'Responses to problem based and project organised learning from industry', *International Journal of Engineering Education* **26**(3), 573–583.
- Mann, E. L., Mann, R. L., Strutz, M. L., Duncan, D. & Yoon, S. Y. (2011), 'Integrating Engineering Into K-6 Curriculum Developing Talent in the STEM Disciplines', *Journal of Advanced Academics* **22**(4), 639–658.
- National Science Board (2007), A National Action Plan For Addressing The Critical Needs Of The U.S. Science, Technology, Engineering, And Mathematics Education System, Technical report.
- Pearson, G. & Young, A. T., eds (2002), *Technically speaking: Why all Americans need to know more about technology*, National Academies Press.
- President's Council of Advisors on Science Technology (2010), 'Prepare and inspire K-12 education in science, technology, engineering, and math (STEM) for America's future'.
- Restrepo, A. & Tafur, M. (2016), Educación en Matemáticas, Ciencia y Tecnología.

- Sjostrom, B. & Dahlgren, L. O. (2002), 'Applying phenomenography in nursing research', *Journal of advanced nursing* **40**(3), 339–345.
- Vithal, R., Christiansen, I. & Skovsmose, O. (1995), 'Project work in university mathematics education', *Educational Studies in Mathematics* **29**(2), 199–223.
- Voogt, J. & Pareja Roblin, N. (2010), 21st century skills: Discussion Paper, PhD thesis.

AFILIACIONES

Mariana Tafur

Universidad de los Andes, Colombia

e-mail: m-tafur@uniandes.edu.co

Angela Restrepo

Universidad Externado de Colombia, Colombia

e-mail: angela.restrepo@uexternado.edu.co

Carola Hernández

Universidad de los Andes, Colombia

e-mail: c-hernandez@uniandes.edu.co

Capítulo 10

Juego de roles como estrategia de aprendizaje basado en problemas

Alejandra María González, Flor Ángela Bravo, Kristell Fadul, Luisa Fernanda García y Francisco Fernando Viveros

Resumen: El aprendizaje basado en problemas o PBL es una metodología docente que permite que el estudiante sea protagonista de su propio aprendizaje. Como parte de la nueva reforma curricular implementada en la Carrera de Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá, Colombia, se utiliza esta metodología en el curso de sistemas digitales. La cual permite desarrollar habilidades y competencias dando solución a problemas mediante el ciclo de construcción de producto. Se presenta a continuación el proceso utilizado para la implementación de la metodología en el curso, los resultados obtenidos con esta y las recomendaciones para continuar con su utilización en otros escenarios.

10.1 Introducción

La Carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá, Colombia, adoptó la filosofía CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) para su plan de estudios, lo que ha llevado a hacer una reflexión y una posterior reforma del currículo, modificando los contenidos, competencias y las estrategias de enseñanza y aprendizaje de los cursos del programa. CDIO propone que la formación de ingenieros tiene como contexto el ciclo de elaboración de producto y que por lo tanto en todo el plan de estudios este contexto debe ser la guía en todo el programa y en cada uno de los cursos. Además, plantea la utilización de un aprendizaje

centrado en el estudiante, con el cual desde el inicio de los estudios participe en su proceso de formación viviendo experiencias cercanas al ejercicio profesional.

CDIO no propone una estrategia específica de enseñanza-aprendizaje, porque la escogencia seguramente depende del tipo de asignatura y en algunos casos podrá utilizarse más de una. Esto hace que estrategias como el PBL, sean apropiadas para el desarrollo e implementación de esta filosofía, pues enfrentan al estudiante a prácticas muy cercanas a las que se va a enfrentar cuando comience a ejercer como profesional de la Ingeniería.

En cuanto al desarrollo de habilidades adicionales a las disciplinares, CDIO propone un currículo integrado, en el cual cada asignatura debe encargarse no solamente de las competencias propias de la disciplina, sino también de enseñar y evaluar otras habilidades que le serán asignadas; para ser apropiadas por cada uno de los estudiantes de manera gradual a través de todos sus años de formación.

En particular, este capítulo describe cómo el aprendizaje basado en problemas es utilizado en el curso de Diseño de Sistemas Digitales como estrategia para propiciar espacios de aprendizaje activo. Uno de los principios de la filosofía CDIO es ofrecer a los estudiantes experiencias que le acerquen a la construcción de productos de ingeniería en ambientes reales de desarrollo. En este sentido, PBL es adecuado para enfrentar a los estudiantes a dar solución a problemáticas complejas de su contexto.

El capítulo inicia con una descripción del curso de Diseño de Sistemas Digitales exponiendo como se implementa la estrategia PBL por medio de la actividad denominada el juego de roles. Para luego detallar el proceso de evaluación de la estrategia. Y finalmente presentar las conclusiones y trabajos futuros.

10.2 El curso de diseño de sistemas digitales

El curso de diseño de sistemas digitales se ofrece en séptimo semestre del programa y tiene como objetivo disciplinar, el desarrollo de habilidades en la concepción, el diseño y la implementación de soluciones (sistemas digitales) a problemas reales y es requisito para las asignaturas electivas de énfasis en el área.

La metodología de este curso está basada en PBL, en la cual se propone a los estudiantes problemas complejos del mundo real como punto de partida del proyecto, los cuales deben ser desarrollados hasta llegar a su implementación siguiendo las

pautas de diseño digital utilizadas en la industria. Los proyectos planteados cumplen con las siguientes características ([Savin-Baden & Major 2004](#))

- La complejidad es suficiente para ser desarrollados cooperativamente.
- Desarrollan componentes disciplinares y habilidades como por ejemplo el trabajo en grupo, la comunicación escrita, oral y gráfica, el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, y la ética, entre otros.
- Motivan a los estudiantes a la solución del problema y a entender los conceptos de la disciplina.
- Fomentan el proceso de toma de decisiones, mediante la racionalización de conceptos en el desarrollo del problema.
- Los conocimientos previos del estudiante permiten desarrollar el problema que adicionalmente es abierto y puede causar discusiones a diferentes alternativas.

Como se mencionó, la solución a los problemas planteados se alcanza mediante el desarrollo de un sistema electrónico digital. Para claridad de la terminología empleada a continuación se describen algunos conceptos relacionados con los sistemas digitales.

10.2.1 Sistemas digitales

Un sistema electrónico digital puede representarse como un bloque de procesamiento que recibe señales de entrada del exterior y genera señales de salida según el contexto de la solución al problema para el cual fue diseñado (Figura 10.1).

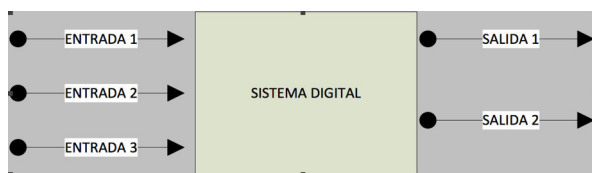


Fig. 10.1: Diagrama de entradas y salidas de un sistema digital

La metodología de diseño de un sistema digital se divide en cuatro etapas:

- En la primera etapa se desarrolla la arquitectura del sistema a partir de la identificación de los requerimientos y las restricciones, definición de las entradas y salidas, descomposición del bloque general en unidades funcionales más simples que se interconectan entre sí (Figura 10.2), y formulación de las especificaciones del producto.
- En la segunda etapa se realiza la implementación y prueba de cada una de estas unidades funcionales como un circuito digital, que puede incluir funciones lógicas, matemáticas, de almacenamiento y control. Luego, las unidades funcionales se interconectan de acuerdo con la arquitectura para llegar al producto final.
- En la tercera etapa se verifica que el producto final cumpla con las especificaciones planteadas.
- En la cuarta etapa se valida que el producto cumpla con los requerimientos y restricciones planteados.

La metodología mencionada es utilizada por varias empresas del sector industrial. Dada la magnitud y complejidad de las soluciones, estas deben ser desarrolladas por diferentes grupos de ingenieros que se pueden encontrar en diferentes lugares, y trabajar en horarios distintos, lo que implica una coordinación entre dichos grupos. Esta modalidad de trabajo exige competencias tales como la comunicación asertiva, mediante el planteamiento de preguntas lógicas y explicaciones claras y precisas; y el desarrollo de documentos que faciliten el trabajo colaborativo, entre otros.

Los ingenieros que trabajan en estos grupos asumen los roles de arquitecto, diseñador, verificador y validador de acuerdo con la etapa en la cual participan.

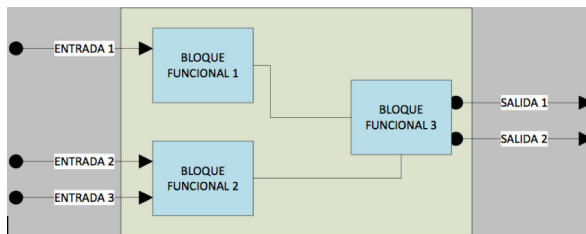


Fig. 10.2: Ejemplo de un diagrama de bloques de un sistema digital

10.2.2 Descripción del juego de roles

La metodología de diseño digital ha sido adaptada por los profesores del área ajustándola a la didáctica y a la duración de los proyectos trabajados en los cursos. De acuerdo con lo anterior, los roles que asumen los estudiantes durante el desarrollo de los proyectos son solamente arquitecto y diseñador. Las actividades del verificador y del validador se asignan a los arquitectos y diseñadores.

Como se mencionó anteriormente, el arquitecto es el responsable de la visión general del sistema y de las primeras descomposiciones del mismo en unidades menores. Basándose en la metodología de descomposición top-down se debe llegar a un nivel de descripción detallada de bloques usando lenguaje natural, con una definición precisa de todas las señales en las interfaces entre dichos bloques. El nivel de descomposición debe ser tal que sea evidente para el diseñador la descripción en el siguiente nivel que corresponde al circuito digital. Para esto, el arquitecto debe entregar un documento con las especificaciones del funcionamiento del sistema, el diagrama de bloques, la descripción de los bloques con sus señales de interconexión, y el diagrama de tiempos.

A partir del documento que generan los arquitectos, los diseñadores para la implementación de las unidades funcionales realizan la descripción del funcionamiento del sistema por medio de lenguajes de descripción de hardware, la simulación, la configuración y la puesta en funcionamiento del sistema con las respectivas verificaciones. Finalizando así las etapas de diseño e implementación.

10.2.3 Implementación de la estrategia PBL en el juego de roles

Al adoptar la estrategia PBL para el desarrollo de la actividad del juego de roles lo primero que se hace necesario es la creación de grupos pequeños de trabajo para determinar la cantidad de proyectos que se van a plantear.

El número de estudiantes que toman esta asignatura permite formar 2 o 3 cursos de máximo 24 personas, cada uno de ellos dirigido por profesores diferentes. Basados en las características de PBL, cada curso se divide en grupos pequeños de 3 estudiantes conformados por ellos mismos (Savin-Baden & Major 2004); se establecen las reglas de trabajo en grupo que se van a seguir antes de comenzar

con el proyecto, y las funciones de liderazgo, documentación y desarrollo técnico que deben desempeñar, para así asegurar un desempeño efectivo durante el proyecto (Duch et al. 2001).

Dado que los roles que asumen los estudiantes durante el desarrollo de los proyectos son solamente arquitecto y diseñador, y que el trabajo de ellos es asíncrono teniendo la necesidad de modelar que estos grupos están en horarios y sitios diferentes; en la asignación de roles se utilizan dos o más cursos de la asignatura.

Por ejemplo, si se tienen dos cursos grupo A y grupo B, se proponen dos proyectos de diseño diferentes, de tal manera que para el primer proyecto el grupo A son los arquitectos y el grupo B los diseñadores, y para el segundo en sentido contrario, el grupo B los arquitectos y el grupo A los diseñadores; de tal forma que todos los estudiantes tienen la oportunidad de asumir los dos roles. Además, para fortalecer la dinámica del juego, los roles son cruzados entre las parejas de arquitecto diseñador ente los dos cursos como se muestra en la Figura 10.3.

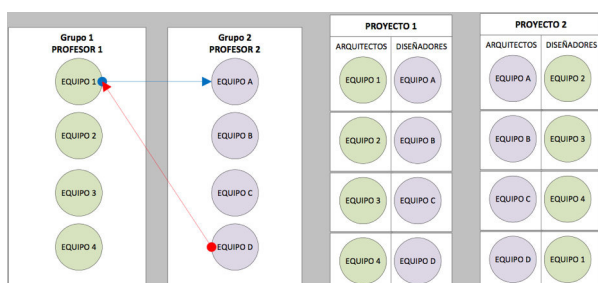


Fig. 10.3: Dinámica de asignación de grupos y proyectos

En segundo lugar, se deben escoger los problemas, los cuales deben permitir proyectos de tal complejidad que impliquen un trabajo colaborativo, propio del juego de roles.

Algunos ejemplos de los problemas que han sido asignados son: el diseño de un visualizador de información programable (Primer semestre 2016), un sistema de riego para una granja con cuatro tipos de cultivo (Segundo semestre 2015), y una máquina expendedora de bebidas (Segundo semestre 2014).

Para el desarrollo de los proyectos, se comienza con la entrega a los estudiantes que están bajo el rol de arquitectos de un documento llamado “requerimiento del

cliente”, el cual presenta una idea muy general, sin mucha descripción del problema a resolver; de tal manera que ellos deben comenzar a encontrar las características del mismo, escribiendo sus primeras ideas, compartiéndolas con los otros grupos en clase y elaborando una lista de preguntas al cliente.

Luego, cada grupo de arquitectos formula una solución con las especificaciones del sistema a diseñar, las entradas y salidas generales, el diagrama de bloques y el diagrama de tiempos (el cual describe el comportamiento de los bloques y del sistema en función del tiempo). Para llegar a esta solución, cada grupo por medio de debates debe tomar decisiones sobre cuáles son las diferentes alternativas para la solución del problema, comparar estas alternativas, y escoger cuál es la óptima según sus criterios de selección.

El desarrollo mencionado anteriormente sigue un proceso gradual en el que se va elaborando una descripción escrita del sistema que se está concibiendo y diseñando por parte de cada uno de los grupos bajo el rol de arquitecto; descripción que va siendo corregida y mejorada a medida que pasan las semanas.

A partir de la entrega del requerimiento cada grupo de arquitectos cuenta con tres y media semanas para realizar las actividades asignadas para su rol, las cuales se realizan tanto en el horario de clase el cual es de seis horas semanales, como en el tiempo asignado para trabajo independiente de seis horas a la semana. En el horario de clase cuentan con la compañía del profesor y del asistente de la asignatura, quienes los asesoran y guían en el desarrollo, sin intervenir en las decisiones de diseño.

Transcurridas estas tres semanas y media, los arquitectos comparten su documento inicial para revisión por parte los diseñadores, y es a partir de ese momento que el grupo diseñador cuenta con cuatro y media semanas para ejecutar todas las actividades que corresponden a su rol.

En ese momento del proyecto, los profesores crean en la plataforma educativa *Blackboard* grupos de trabajo colaborativo relacionando a cada grupo de arquitectos con sus respectivos diseñadores. Los grupos creados en la plataforma cuentan con herramientas como blogs, diario, correo electrónico, intercambio de archivos, tablero de discusión, tareas y wiki las cuales permiten el intercambio de información y el trabajo colaborativo asíncrono y no presencial de los dos grupos. Vale destacar que todas las interacciones que hagan los grupos deben ser consignadas en la plataforma, y aunque ellos se encuentren en otros momentos o se comuniquen

por otros medios, es necesario consignar toda la información en el grupo de trabajo colaborativo virtual porque estas interacciones se tienen en cuenta en la revisión y valoración de la actividad.

Una vez el grupo diseñador tiene la arquitectura, comienzan con el diseño del sistema utilizando un lenguaje de descripción de hardware AHPL ([Peterson & Hill 1987](#)), luego la representación de los esquemáticos, después la descripción en lenguaje VHDL el cual permite la implementación del sistema electrónico que se buscaba, en un dispositivo de lógica programable (FPGA Field Programmable Gate Array / CPLD Complex Programmable Logic Device), para finalizar dando una solución al problema planteado.

En la relación entre los arquitectos con los diseñados, los diseñadores deben revisar los documentos de la arquitectura del sistema que reciben y formular todas las preguntas e inquietudes que surgen a los arquitectos quienes tienen la responsabilidad de hacer las aclaraciones y correcciones correspondientes. Los arquitectos deben modificar el documento original creando nuevas versiones a medida que avanzan las interacciones, para así ir ajustando el diseño hasta que el grupo de diseñadores considere que esté listo para ser diseñado e implementado. Se hace la aclaración que los diseñadores no pueden modificar la arquitectura, solamente hacer propuestas de mejora o identificación de errores, y son los arquitectos quienes las consideran y si son pertinentes, realizar las modificaciones respectivas.

Al finalizar las ocho semanas todo el grupo de trabajo conformado tanto por arquitectos y diseñadores realiza una entrega formal del proyecto en la que se incluye un resumen del trabajo realizado y una presentación del hardware funcionando.

De lo anterior, vale destacar como por medio de la realización de los documentos y en las interacciones que se dan dentro y fuera de los grupos de trabajo el proyecto facilita el desarrollo de habilidades relacionadas al trabajo en equipo, de comunicación oral, escrita y gráfica, y pensamiento crítico y reflexivo, entre otros.

10.3 Evaluación del juego de roles

El juego de roles se ha aplicado desde el segundo semestre del 2007 hasta el segundo semestre del 2016, con un total de 826 estudiantes. La evaluación del juego de roles está enfocada en valorar las interacciones consignadas en el tablero de discusión

del grupo que se encuentra en la plataforma *Blackboard* las cuales son clasificadas y analizadas en el dominio del tiempo, dando como resultado un seguimiento de la evolución de cada grupo desde su posición de Arquitecto o Diseñador para así valorar el proceso que sigue la actividad en el transcurso del curso.

Desde la perspectiva de evaluación de la actividad en sí misma, el proceso permite comparar el desempeño de las cohortes, semestre a semestre, afinar los procesos relacionados con la complejidad del sistema digital propuesto, la organización del juego durante el semestre, y los recursos que deben estar disponibles tales como laboratorio, *Blackboard*, y componentes de implementación entre otros aspectos operativos.

10.3.1 Taxonomía de las interacciones

Las taxonomías para el estudio de las interacciones fueron concebidas por González, Marciales, Ruiz, Sánchez y Viveros (2008), recopilando las interacciones presentadas durante el juego y separándolas para cada pareja de arquitectos diseñadores. Luego estudiaron las interacciones y las clasificaron en categorías según los requerimientos que solicitan los diseñadores y el tipo de respuesta de los arquitectos.

Para la evaluación del juego de roles que acá se presenta se utilizaron estas categorías con sus respectivas definiciones tanto para los requerimientos de los diseñadores, las respuestas de los arquitectos y las interacciones.

Los requerimientos de los diseñadores fueron clasificados en las siguientes categorías ([González et al. 2008](#), p.5)

- Requerimientos informativos: cuando se detecta falta de información.
- Requerimientos argumentativos: dada la discrepancia de criterios entre diseñadores y arquitectos respecto a la solución propuesta por estos últimos.
- Requerimientos aclaratorios: responde a la falta de claridad identificada por los diseñadores en la descripción de los arquitectos.
- Requerimientos propositivos: propuesta de soluciones o modificaciones a la arquitectura dada la identificación de errores o falencias por parte de los diseñadores.

En lo que respecta a las respuestas de los arquitectos se utilizó la siguiente clasificación ([González et al. 2008](#), p.5).

- Respuestas informativas: se limitan a la transmisión de información.
- Respuestas informativas que generan corrección: comportamiento de corrección debido a la ausencia de información en la especificación por error conceptual de los arquitectos.
- Respuestas informativas que generan auto corrección: tiene lugar cuando la solicitud de información por parte de los diseñadores hace que los arquitectos detecten nuevos errores en su especificación, no señalados por los primeros.
- Respuestas aclaratorias: explican decisiones de diseño con base en criterios y conceptos aprendidos en clase.
- Respuestas argumentativas: generan debate.
- Respuestas mediadas por los profesores: cuando un debate no llega a consenso.
- Respuestas vacías: se presentan cuando los arquitectos

Y para el análisis de las interacciones, es decir, la relación entre la pregunta por requerimiento y su respuesta; se utilizaron siguientes categorías de acuerdo al efecto de cada interacción dentro del proceso del proyecto ([González et al. 2008](#), p.5).

- Interacciones informativas: dirigidas a la transmisión de información.
- Interacciones correctivas: generan reflexión y estudio por parte de los arquitectos, y terminan en correcciones sobre las soluciones y decisiones planteadas originalmente en la arquitectura.
- Interacciones aclaratorias: se dirigen a explicar y complementar la descripción.
- Interacciones auto correctivas: contribuyen para que los arquitectos identifiquen errores o falencias en su trabajo que ameritan ser reconocidas. Se diferencian de las correctivas en que no son consecuencia de un requerimiento del diseñador.
- Interacciones vacías: Interacciones en las que no hay intercambio de información valiosa.
- Interacciones argumentativas: Interacciones que generan debate entre arquitectos y diseñadores.
- Interacciones correctiva colaborativa: tienen efecto de corrección y se generan de una propuesta del diseñador y no de un requerimiento del mismo.

En la Tabla 10.1 se muestra la relación entre la taxonomía de la interacción con las taxonomías correspondientes a los requerimientos de los diseñadores y respuestas de los arquitectos.

Tabla 10.1: Relación entre taxonomías

PREGUNTA	RESPUESTA	CATEGORIA
INFORMATIVA	INFORMATIVA	INFORMATIVA
INFORMATIVA	INFORMATIVA CON CORRECCIÓN	CORRECTIVA
INFORMATIVA	ACLARATORIA	ACLARATORIA
INFORMATIVA	INFORMATIVA CON AUTO CORRECCIÓN	AUTOCORRECTIVA
ACLARATORIA	ACLARATORIA	ACLARATORIA
ACLARATORIA	INFORMATIVA	INFORMATIVA
ARGUMENTATIVA	ACLARATORIA	ACLARATORIA
ARGUMENTATIVA	INFORMATIVA	INFORMATIVA
ARGUMENTATIVA	INFORMATIVA CON CORRECCIÓN	CORRECTIVA
ARGUMENTATIVA	VACIA	VACIA
ARGUMENTATIVA	INFORMATIVA CON AUTO CORRECCIÓN	AUTOCORRECTIVA
PROPOSITIVA	ARGUMENTATIVA	ARGUMENTATIVA
PROPOSITIVA	INFORMATIVA CON CORRECCIÓN	CORRECTIVA COLABORATIVA
PROPOSITIVA	ACLARATORIA	ACLARATORIA
PROPOSITIVA	INFORMATIVA CON AUTO CORRECCIÓN	AUTOCORRECTIVA

10.3.2 Análisis de las interacciones

Para evaluar las intervenciones se realizan los siguientes pasos:

1. Se recopilan los diálogos presentados en el tablero de discusión de cada uno de los grupos clasificándolos por proyecto.
2. Se analizan las intervenciones de cada grupo en el foro y se separan las interacciones teniendo en cuenta la temática y la fecha.
3. Para cada interacción se determinan los pares de requerimiento de diseñador y respuestas de los arquitectos.

4. Posteriormente se analiza para cada uno el contenido y la intencionalidad dentro de la interacción para determinar a qué taxonomía pertenece.
5. Se realiza un conteo de tipo de requerimiento y tipo de respuesta para cada grupo y los totales.
6. Luego se realiza la relación entre taxonomías para identificar la categoría de interacción según la Tabla 10.1.
7. Se realiza un conteo de cuantas interacciones se generan para cada categoría por grupo y el total por proyecto.
8. Se hace un análisis en tiempo de estas interacciones, es decir se especifica una medida de tiempo para el análisis (intervalos con duración de cuatro días) de tal forma que se indica a partir del comienzo de la actividad en qué momento se realizó la interacción y se realiza un conteo de cuantas interacciones se encuentran en cada uno de los intervalos definidos. Esto se hace para cada uno de los proyectos y para la suma total.

El análisis de los datos se muestra con el siguiente ejemplo que corresponde a una cohorte (primer semestre 2015). Los proyectos desarrollados corresponden a un sistema de domótica para un grupo y un sistema de riego de cultivos para el otro grupo.

En particular para el proyecto de domótica, como se puede ver en la Figura 10.4, la cantidad de interacciones aclaratorias fueron significativas al inicio de la actividad, indicando que las arquitecturas no eran lo suficientemente claras; generando interacciones de argumentación entre los grupos. A medida que la experiencia avanza se incrementan las interacciones correctivas, consecuencia de los consensos entre arquitectos y diseñadores (y las escasas mediaciones de los profesores) y del aprendizaje generado en las revisiones y aclaraciones de los documentos. Es importante resaltar que al inicio de las interacciones se presentan algunas autocorrecciones de la propia arquitectura generadas de la revisión de la arquitectura asignada como diseñadores. Al final de la experiencia las interacciones disminuyen, con ocasionales interacciones vacías.

Para el proyecto de cultivos, mostrado en la Figura 10.5, la gran cantidad de interacciones correctivas iniciales refleja una mejor calidad de la descripción de las arquitecturas que permite comenzar con correcciones rápidamente. El comportamiento general de la experiencia es similar al proyecto de domótica.

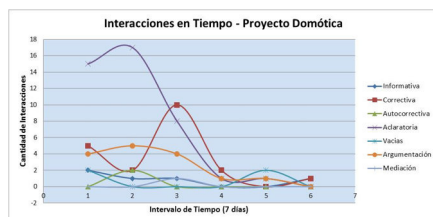


Fig. 10.4: Interacciones en tiempo, proyecto domótica

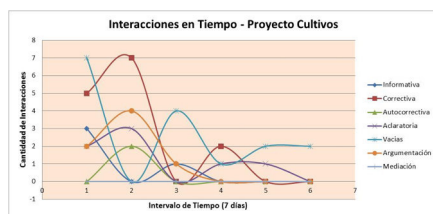


Fig. 10.5: Interacciones en tiempo, proyecto cultivos

10.4 Conclusiones y Trabajos Futuros

Este capítulo presentó el empleo de PBL en el curso de diseño de sistemas digitales. Estrategia que permitió la generación de contextos de aprendizaje en los cuales los estudiantes, asumiendo los roles de diseñadores y arquitectos, pudieron desarrollar experiencias cercanas al ejercicio profesional del área de sistemas digitales. Su importancia radica en que los estudiantes se enfrentan a una metodología inspirada en la industria del diseño electrónico digital, lo cual es un factor de motivación para ellos y un elemento diferenciador del programa que permite enfocar la formación al desarrollo de competencias para el ciclo de construcción de productos electrónicos. Enfrentar a los estudiantes a experiencias de diseño y construcción de producto, permite generar contextos relevantes para la formación en habilidades transversales, metodológicas y disciplinares.

Para garantizar un desempeño efectivo durante los proyectos del curso, fue fundamental manejar grupos pequeños de tres estudiantes, lo que permitió un monitoreo cercano por parte del profesor. El seguimiento y valoración del aprendizaje de forma continua y sistemática lleva a generar en el docente un entendimiento del avance de

los grupos que le permite realimentar efectivamente su proceso. Por otro lado, dicho seguimiento motiva y compromete a los estudiantes con su formación.

Una de las habilidades elegidas como marco de acción para PBL fue el trabajo en equipo, el cual generó la necesidad de definir roles, asignar responsabilidades individuales y metas de grupo, así como establecer reglas internas en los equipos. Es claro que, para la dinámica de roles, se generan dos tipos de grupos; el primero, el cual genera un equipo pequeño de trabajo con metas limitadas a al rol asignado y el segundo, la dupla diseñador-arquitecto, que trasciende los dos equipos convirtiéndose en un esquema de trabajo colaborativo orientado al objetivo común de un producto electrónico.

Otro punto clave en la implementación de la estrategia PBL fue la selección de problemas con un grado tal de complejidad que promoviera para su solución trabajo colaborativo por parte de los estudiantes. Lo anterior se explica, con el hecho de que es la complejidad del problema asignado la estrategia que crea la necesidad de varias personas trabajando en conjunto en el desarrollo de un producto. Adicionalmente, estas personas requieren de ciertas competencias y conocimientos. Las interacciones que surgen dentro y fuera de los grupos de trabajo favorecen el desarrollo de dichas habilidades como la comunicación asertiva, la colaboración, la responsabilidad y la autonomía. Es precisamente el uso de dichas interacciones en la evaluación de la estrategia PBL, una propuesta efectiva en el seguimiento y valoración de competencias. Su eficacia se debe a que se presenta una evaluación indirecta, usando la observación de comportamientos y la autoevaluación de entregables para una medición del proceso y la evolución de los grupos. Por ejemplo, con la identificación de los tipos de requerimientos que solicitan los diseñadores y el tipo de respuesta que proporciona los arquitectos, se detectó que al inicio del proyecto fueron mayores las interacciones aclaratorias e informativas debido a que los estudiantes no brindaban informes escritos con descripciones claras y completas, pero a medida que avanzaba el proyecto este tipo de interacciones se redujeron. Lo que lleva a concluir que este trabajo colaborativo de los estudiantes permitió desarrollar en ellos habilidades de diseño y a la par lograr competencias comunicativas escritas relacionadas con la elaboración de reportes técnicos.

Al inicio de la actividad se observa un gran número de interacciones correctivas; lo que demuestra una autorregulación de los grupos de trabajo. Después de un tiempo la reducción de este tipo de interacciones indica que las correcciones real-

izadas satisfacen a los diseñadores, el sentido que evalúan la arquitectura como una guía, concreta y clara de diseño de producto.

Con el tiempo aumentan las interacciones argumentativas y correctivas colaborativas; lo cual evidencia que en el transcurso del proyecto los estudiantes van adquiriendo herramientas conceptuales que les permiten defender y argumentar sus decisiones, así como aceptar y corregir sus errores.

A futuro, se espera involucrar clientes reales a la dinámica del proyecto, esto con el fin de garantizar experiencias reales de solución de problemas usando PBL. En este sentido, puede agregarse a la evaluación la perspectiva del cliente mismo, la cual realimentará el proceso desde el problema o las necesidades del contexto.

Por otro lado, se planea realizar actividades de perfilamiento para la asignación de roles. Este esquema se refiere a una caracterización temprana de los estudiantes que permita establecer desde que rol pueden aportar con mayor éxito a su grupo de trabajo y en ese sentido podrán asignarse las tareas con mayor efectividad.

Finalmente, se espera involucrar los roles de verificador y validador a la par de los roles de arquitecto y diseñador, esto con el fin de generar competencias y conceptos de viabilidad de las pruebas de un producto y metodologías eficientes de pruebas sobre sistemas digitales electrónicos.

Referencias

- Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen, D. E. (2001), *The power of problem-based learning: a practical" how to" for teaching undergraduate courses in any discipline.*, Stylus Publishing, LLC.
- González, A., Marciales, G., Ruiz, M., Sánchez, J. & Viveros, F. (2008), El aprendizaje por proyectos y el uso de tecnologías móviles en el aula, in 'VIII Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica. Zaragoza, España., p. 5.'
- Peterson, G. R. & Hill, F. J. (1987), *Digital Systems: Hardware Organization and Design*, third edit edn, Wiley.
- Savin-Baden, M. & Major, C. H. (2004), *Foundations of Problem Based Learning*, Open University Press/SRHE.

AFILIACIONES

Alejandra María González

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

e-mail: agonzalez@javeriana.edu.co

Flor Ángela Bravo

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

e-mail: bravof@javeriana.edu.co

Kristell Fadul

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

e-mail: kfadul@javeriana.edu.co

Luisa Fernanda García

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

e-mail: luisa.garcia@javeriana.edu.co

Francisco Fernando Viveros

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

e-mail: fviveros@javeriana.edu.co

Capítulo 11

Aprendizado baseado em problemas em ambiente de ensino semipresencial: uma aplicação em engenharia de transportes

Antônio Néelson Rodrigues da Silva e Nidia Pavan Kuri

Resumo O objetivo deste documento é descrever e analisar os resultados da aplicação de uma estratégia pedagógica na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. A iniciativa se deu na área de Engenharia de Transportes, a partir de 2006, em disciplina oferecida para alunos de graduação em Engenharia Civil. A abordagem adotada envolveu a combinação de uma estratégia de Aprendizagem Baseada em Problemas (ou PBL, do inglês Problem Based Learning), associada ao uso de plataformas de ensino a distância (CoL e Tidia-Ae). Problemas distintos foram considerados para estudo em todas as nove ocasiões em que a metodologia aplicada é aqui analisada (entre 2006 e 2015), sempre com foco no próprio campus ou na cidade em que o mesmo se localiza. Tanto a análise do desempenho dos alunos como a avaliação por eles efetuada da estratégia de ensino-aprendizagem forneceram importantes elementos para o aprimoramento da proposta pedagógica. Os resultados da aplicação da metodologia permitiram ainda identificar uma série de benefícios da abordagem. Para este fim, foi conduzida uma análise de pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças (ou SWOT, do inglês, Strengths, Weaknesses, Opportunities, e Threats). Observou-se, por exemplo, maior envolvimento dos alunos com os conteúdos abordados. Outro ponto positivo é a postura profissional e madura de alguns desses estudantes no trato dos problemas propostos. Além disso, vários deles manifestaram interesse em prosseguir atuando na área de Engenharia de Transportes.

11.1 Introdução

Com o propósito de incorporar novas técnicas e habilidades aos profissionais hoje demandados pelo mercado de trabalho, alguns cursos de Engenharia Civil vêm passando por alterações que visam à formação de indivíduos com capacidade de adaptação e atualização. Uma forma de atender a essa condição é se valer de alternativas pedagógicas apoiadas nas tecnologias de comunicação e informação como forma de aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem. O caso analisado é uma alternativa aplicada à disciplina “Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes”, do segundo semestre do terceiro ano de Engenharia Civil da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). A proposta envolve a associação de princípios de PBL (Problem Based Learning) com uma plataforma de ensino a distância (para detalhes, ver [Kuri et al. \(2007\)](#)).

A opção por adotar a abordagem nesta disciplina tem uma justificativa clara. Embora a formação de profissionais para atuar na área de planejamento de transportes seja feita, em geral, apenas em nível de pós-graduação, a relevância dos temas envolvidos, do ponto de vista social, econômico e ambiental, exige que pelo menos conceitos básicos sejam incorporados pelos estudantes de engenharia. Por esta razão, a EESC-USP a introduziu no currículo de Engenharia Civil há várias décadas. A disciplina trata essencialmente de conceitos relacionados a aspectos econômicos e sociais dos sistemas de transportes e sua influência no planejamento e operação dos mesmos. Ocorre que a amplitude e a relevância dos temas envolvidos vão muito além do que é possível transmitir em uma disciplina de 4 créditos ministrada em um semestre, sobretudo porque muitos dos problemas envolvidos são abertos, ou seja, não apresentam uma solução única e documentada. É preciso que o aluno aprenda a associar a teoria à prática, de tal forma que consiga lidar com os diferentes problemas com os quais provavelmente irá se defrontar quando estiver atuando profissionalmente.

Por este motivo, o PBL foi inicialmente inserido no conteúdo em 2006 através de uma questão conhecida pelos alunos: o problema de estacionamento no Campus. No ano seguinte, o problema estudado envolveu problemas de transporte da cidade, considerando a opinião dos usuários, segundo pesquisa de campo realizada anteriormente. Nos anos subsequentes, outros temas da cidade ou do próprio campus foram também selecionados como problemas a serem tratados pelos alunos na disciplina.

Em todos os casos, o enfoque foi a realização de projetos em grupos e a utilização de uma plataforma on-line para realização de parte das atividades. As plataformas CoL (Cursos On-Line) e Tidia-Ae, ambas geridas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que incorporam ferramentas dinâmicas para estimular a interatividade entre professor e alunos, como fóruns, e-mails e atividades, foram as opções adotadas.

O objetivo deste documento é descrever e analisar os resultados obtidos com a aplicação da estratégia de ensino que combina PBL com ensino semipresencial, implementada a partir de 2006 na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. A análise se baseia na hipótese inicial de que seria possível aprimorar o processo de ensino-aprendizagem com a abordagem proposta, levando a melhores resultados tanto do ponto de vista do desempenho dos alunos, como do seu envolvimento com os assuntos tratados na disciplina. O texto traz ainda conceitos teóricos necessários para a compreensão da proposta, a metodologia adotada para coleta de dados e análise de desempenho dos alunos, bem como da avaliação que realizaram a respeito da metodologia aplicada no desenvolvimento da disciplina.

11.2 Motivações e Modificações na Prática Pedagógica da Disciplina

Diversas mudanças foram introduzidas ao longo do tempo nas disciplinas da área de Planejamento de Transportes da EESC-USP, do ponto de vista da prática pedagógica, com vistas, sobretudo, ao aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem. É o caso, por exemplo, do uso regular de ferramentas computacionais, como os Sistemas de Informações Geográficas (Lima et al. 1999, Rodriguez da Silva et al. 2003, Rodrigues da Silva & Van Der Waerden 1997) e de recursos da internet (Souza et al. n.d.), que foram gradativamente introduzidas nas disciplinas desde a década de 1990. Em Kuri et al. (2007), as alterações incorporadas às disciplinas foram apresentadas e analisadas em detalhes. Nos casos estudados buscou-se, por exemplo, trabalhar com o ciclo de Kolb e adaptar as inovações pedagógicas aos perfis de personalidade e estilos de aprendizagem dos alunos de Engenharia Civil da EESC-USP, como relatado em Kuri et al. (2006). Embora permitam uma ampla gama de vari-

ações, essas pesquisas ainda não haviam considerado o uso do método PBL, fato que motivou o desenvolvimento da proposta pedagógica aqui relatada.

Para melhor compreensão da experiência discutida nesse trabalho, é necessário analisar o que foi feito ao longo do tempo para a melhoria da praxis nas disciplinas da área de Planejamento de Transportes da EESC-USP. Além disso, é importante discutir, ainda que brevemente, acerca de aspectos básicos do PBL, tais como a sua definição e adequação ao caso considerado. A abordagem PBL procura garantir aos alunos a compreensão dos fatos, uma vez que lida com problemas retirados de contextos reais e complexos. Desta forma, o aprendizado vai além da simples memorização de conceitos que acontece (quando acontece) na abordagem tradicional. Diversos estudos apontam vantagens do uso de PBL e da aprendizagem ativa, como a melhor assimilação dos temas tratados e uma melhor compreensão conceitual sobre temas relativamente complexos (Mioduser & Betzer 2007, Minner et al. 2010, Fini & Mellat-Parast 2012). Como as atividades geralmente são feitas em equipes de trabalho, o relacionamento interpessoal e o trabalho cooperativo desenvolvidos através das atividades em grupos se mostram aspectos positivos e essenciais para a formação do futuro profissional. Para o professor, que cumpre o papel de facilitador, esse método também traz vantagens. Ele próprio frequentemente aprende ao longo do processo, que é, no entanto, um permanente desafio.

Como toda estratégia de ensino-aprendizagem, o PBL também apresenta problemas e sofre críticas. Apesar dos benefícios que a abordagem PBL pode trazer para o ensino de Engenharia, Vandebona & Attard (2002) e Güzelis (2006) apontam que não são poucas as dificuldades de adaptação. Uma das dificuldades é o tempo necessário para desenvolver as tarefas, como relatado por (Quinn & Albano 2008). Embora o caso da Engenharia de Transportes não seja diferente, várias universidades aplicam o PBL em cursos da área. É possível encontrar relatos de aplicações, por exemplo, em países como Malásia, Espanha e Estados Unidos da América. No Brasil, por outro lado, ainda não são tão comuns registros dessa natureza, o que faz com que o estudo aqui apresentado se torne particularmente oportuno e relevante para o ensino de transportes. Uma revisão ampla da literatura sobre os aspectos e técnicas consideradas na experiência aqui relatada pode ser encontrada em Kalatzis (2008) e Silva Jr (2014).

11.3 Metodologia

É apresentada, neste documento, uma análise dos resultados das nove aplicações realizadas com a estratégia pedagógica desenvolvida na EESC-USP para a disciplina "Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes", ministrada para o curso de graduação em Engenharia Civil. A metodologia consiste, basicamente, em uma proposta de trabalho associando técnicas de PBL com uma plataforma de ensino a distância, desenvolvida a partir dos estudos de [Kuri et al. \(2006\)](#), e implementado conforme a Tabela 11.1. Os principais aspectos da proposta são:

1. Abordagem construtivista;
2. Uso de uma abordagem semipresencial (b-learning);
3. Complementação da metodologia tradicionalmente empregada na disciplina com a adoção do PBL como estratégia de ensino-aprendizagem, com foco na realização de projetos em grupo;
4. 1) Utilização de um sistema para gestão de cursos on-line que traz ferramentas dinâmicas para promover a interatividade entre professor e alunos;
5. Utilização dos testes de conhecimento, provas, histórico do aproveitamento dos alunos, registros fornecidos pelo sistema on-line e desempenho dos alunos no desenvolvimento da disciplina, como dados para acompanhamento e avaliação da proposta;
6. Avaliação dos resultados através de métodos qualitativos e quantitativos.

A introdução dessas inovações na programação da disciplina vem ocorrendo de maneira gradativa, porém sistemática, visando trazer melhorias significativas tanto ao aprendizado, como também na postura dos futuros profissionais. Como parte da estratégia pedagógica foram também caracterizados instrumentos de avaliação, abordada em dois aspectos: quanto ao desempenho dos alunos em cada uma das atividades realizadas (provas, testes e quatro etapas da alternativa apresentada para solucionar o problema tratado) e com relação à avaliação da proposta (através de questionário on-line preenchido pelos alunos no final do semestre).

Após uma rápida exemplificação dos resultados encontrados em algumas das nove aplicações, é apresentada uma visão geral do desempenho dos alunos em cada uma das atividades realizadas. No tocante à avaliação da proposta, alguns dos resultados mais relevantes do questionário on-line respondido pelos alunos são aqui

apresentados e discutidos. Além disso, a partir dos elementos reunidos ao longo das várias edições da disciplina aqui consideradas, foi também possível identificar pontos fortes e pontos fracos da abordagem, bem como oportunidades e ameaças, através de uma análise SWOT (do inglês, *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*).

11.4 Resultados

Antes de apresentar e discutir os resultados, é interessante saber que grupos de alunos estiveram envolvidos no processo ao longo dos anos. O docente que desenvolveu e aplicou a metodologia é responsável, desde o início dos anos 1990, por uma de duas turmas da disciplina "Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes", ministrada idealmente no terceiro ano do curso de Engenharia Civil. Como ingressam 60 alunos por ano no curso de Engenharia Civil da EESC-USP, cada uma destas turmas contém em torno de 30 alunos. Este número pode, no entanto, variar um pouco, em função de acontecimentos específicos com os alunos do 1º ano e do 2º ano.

A proposta aqui discutida foi aplicada pela primeira vez em 2006 e seguiu sendo aplicada apenas para uma das turmas até 2013, uma vez que o docente responsável pela outra turma optou por manter uma abordagem mais tradicional.

A partir de 2013, no entanto, com a aposentadoria do docente que não adotava a estratégia aqui discutida e a subsequente contratação de uma docente disposta a fazê-lo, foi preciso reavaliar os procedimentos adotados, de forma a poder envolver todos os alunos. Para tal, optou-se, em um primeiro momento, pela suspensão das atividades de projeto da disciplina no ano de 2014. As atividades foram então retomadas no ano de 2015, nesta ocasião envolvendo todos os alunos da disciplina (as duas turmas, portanto).

11.4.1 Uma seleção de produtos obtidos

São apresentados, para fins de comparação, alguns dos resultados obtidos em dois momentos distintos com a aplicação da metodologia proposta. Foram selecionados

Tabela 11.1: Síntese da metodologia desenvolvida na disciplina para uso do PBL em ambiente de ensino semi-presencial (Fonte: Kuri et al., 2007)

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
Sala de aula	• Apresentação do problema	Professor
	• Levantamento de possíveis alternativas para a sua solução	Alunos
2. FÓRUM I		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
On-line	• Discussão das alternativas sugeridas na Etapa 1	Alunos
	• Indicação das duas melhores contribuições postadas na discussão das alternativas	Professor
	• Seleção das melhores alternativas para o levantamento de dados	Monitor
3. ATIVIDADE PRÁTICA I - LEVANTAMENTO DE DADOS		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
Sala do professor	• Divisão da turma em grupos de acordo com os perfis de personalidade dos alunos, de forma a garantir a heterogeneidade em sua composição, obtidos com aplicação do <i>Keirsey Temperament Sorter</i> (traduzido para o português por Kuri e Giorgetti, 1997)	Professor
	• Escolha do líder do grupo	Monitor
Extraclasse	• Divisão dos modos de viagem para levantamento dos dados e discussão das diferentes etapas do trabalho a serem realizadas	Pedagoga
Campo	• Levantamento de dados	Alunos
On-line	• Elaboração e publicação de relatório descritivo das atividades desenvolvidas e dados coletados	Alunos
4. FÓRUM II		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
On-line	• Exposição de como as alternativas selecionadas na Etapa 2 e trabalhadas na Etapa 3 poderiam ser implementadas, detalhando as ações necessárias	Alunos
5. ATIVIDADE PRÁTICA II - ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PROJETO FINAL		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
Extraclasse	• Escolha de uma das alternativas selecionadas (ou a combinação delas)	Grupo
	• Esboço de um anteprojeto abrangendo os seguintes tópicos: apresentação e justificativa, esquemas e croquis, etapas de implantação, cronograma e orçamento	
On-line	• Apresentação das propostas finais em forma de slides (<i>Power Point</i> ou similar)	Grupo
Sala de aula	• Avaliação da participação de cada aluno no grupo mediante a inserção, em uma das provas, de uma questão solicitando uma descrição sucinta da estratégia adotada pelo grupo e um comentário sobre as atividades individuais de cada membro do grupo (inclusive do próprio aluno)	Professor
	• Análise das respostas para conhecer o grau de envolvimento dos alunos nas atividades propostas	Monitor
6. AVALIAÇÃO DA PROPOSTA PEDAGÓGICA		
Ambiente	Descrição das Atividades	Responsáveis
Sala do professor	• Elaboração de um questionário para os alunos, contendo 20 (vinte) questões: 10 (dez) referentes à nova proposta da disciplina, 6 (seis) relacionadas à avaliação e 4 (quatro) relativas à plataforma <i>on-line</i>	Professor
	• Preenchimento do questionário	Monitor
On-line		Alunos
Sala do professor	• Análise das respostas do questionário	Professor
		Monitor
		Pedagoga

para este fim os anos de 2006 e 2013, que marcam o início e o fim da aplicação para apenas uma das turmas (ou seja, cerca de metade dos alunos do terceiro ano da habilitação em Engenharia Civil na EESC-USP). Para melhor compreensão desses resultados, a Tabela 11.2 contém uma síntese das atividades desenvolvidas nos dois casos. De forma a demonstrar o grau de desenvolvimento a que chegam os projetos dos estudantes, exemplos de alguns dos produtos gerados na Atividade Prática II são comentados na sequência.

No caso da turma de 2006, umas das propostas tinha, por exemplo, um posto de tarifação em um acesso ao Campus como estratégia para minimizar os problemas de estacionamento, acompanhada de uma avaliação preliminar de custos de implantação e de sua localização no espaço físico. Já no caso da turma de 2013, uma árvore hierárquica com 4 domínios e 9 indicadores foi elaborada para avaliação das condições de sustentabilidade da mobilidade no campus. Mais detalhes dos resultados destas aplicações podem ser encontrados, respectivamente, em [Rodrigues da Silva \(2009\)](#) e [Oliveira et al. \(2014\)](#).

11.4.2 Avaliação de desempenho dos alunos

A Tabela 11.3 mostra uma visão geral do desempenho dos alunos nas atividades avaliadas. Observa-se uma ligeira tendência de crescimento nas notas das atividades de projeto (que resultam da combinação de notas das atividades descritas na Tabela 1) até 2013, mas um retrocesso em 2015. O mesmo ocorre com as médias das notas das provas.

11.4.3 Avaliação da proposta

A proposta foi analisada segundo dois aspectos: i) com base nas respostas a um questionário de avaliação da proposta, aplicado em todas as turmas, e ii) a partir de uma análise SWOT, ou seja, dos pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças.

No tocante aos resultados apresentados na Figura 11.1(a), observa-se que a percepção do nível de exigência das atividades extraclasse oscila bastante nos diversos anos. Em média, 37% do conjunto dos estudantes julgaram que o nível de exigência

Tabela 11.2: Síntese dos resultados obtidos nos anos de 2006 e 2013 com a aplicação da metodologia proposta.

2006	2013
1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	
Estacionamento da Área I do Campus da USP em São Carlos.	Avaliação de problemas de mobilidade observados no contexto do campus da USP em São Carlos.
2. FÓRUM I - DISCUSSÃO DAS ALTERNATIVAS	
Principais contribuições dos alunos: Instalação de parquímetros e cobrança de pedágio, realocação de vagas de estacionamento e limitação da entrada de veículos.	Principais contribuições dos alunos: Identificação e seleção de indicadores considerados pertinentes para uma avaliação do nível de sustentabilidade da mobilidade no <i>campus</i> .
3. ATIVIDADE PRÁTICA I - LEVANTAMENTO DE DADOS	
Caracterização da oferta e da demanda de estacionamento no Campus, com levantamentos de campo e obtenção de dados junto a diversos setores administrativos da Universidade.	Grupos de alunos (A, B, C, D e E) criam árvores hierárquicas, com 5 a 10 indicadores cada. Para cada indicador adotado, são apresentados: definição, unidade de medida, fonte de coleta de dados e método de cálculo para avaliação.
4. FÓRUM II	
Considerando os problemas identificados no Fórum anterior e o diagnóstico da Atividade Prática I, os alunos discutem se os problemas identificados através do diagnóstico divergem da visão inicial por eles apresentada. Na síntese dos resultados obtidos, alternativas como <i>Instalação de parquímetros</i> e <i>Cobrança de pedágio</i> são separadas para consideração na atividade seguinte.	Novo fórum <i>on-line</i> visa destacar os pontos relevantes encontrados nas árvores concebidas. Monitores da disciplina reagrupam os indicadores de acordo com o domínio, relevância e frequência. Uma nova árvore (denominada como F), apresentada aos alunos durante atividade em sala de aula, serve de base para discutir a estrutura dos domínios, a definição e o modo de cálculo dos indicadores e os procedimentos de coleta de dados. Da atividade resulta a estrutura hierárquica final (árvore G).

das atividades extraclasse teria sido maior que as de uma disciplina convencional, 46% julgaram que teria sido igual e 17% menor. No ano de 2013, no entanto, justamente aquele em que os alunos apresentaram o melhor desempenho nas atividades de projeto (conforme a Tabela 11.3), nenhum aluno achou que tinha sido menor.

Através da Figura 11.1 (b) observa-se que, em geral, a atividade de projeto apresentou um resultado positivo significativo. As alternativas “Excelente” e “Bom” obtiveram, em média, 15% e 61% das avaliações, respectivamente. A alternativa “Regular” recebeu em média 19% das avaliações e a alternativa “Ruim e Muito Ruim”, 5 %. Cabe destacar novamente o caso da turma de 2013, com uma avaliação bastante positiva da atividade de projeto, apesar do item (a) indicar que o nível de exigência teria sido grande. Também merece destaque o conjunto de resultados de

Tabela 11.3: Desempenho dos alunos nas atividades da disciplina nos diferentes anos considerados

Ano	Número de alunos	Atividades de Projeto (PBL)		Testes *		Provas **	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
2006	30	6,77	2,34	6,35	1,19	6,38	1,63
2007	25	7,12	1,57	7,22	1,41	5,64	1,57
2008	31	7,54	2	6,29	1,59	5,22	1,56
2009	30	8,24	1,43	7,1	1,59	6,66	1,76
2010	27	7,62	1,71	7,29	1,22	6,77	1,38
2011	31	7,9	1,43	6,16	1,7	6,93	1,13
2012	30	7,83	2,13	6,36	1,47	6,81	1,41
2013	27	8,66	1,05	6,82	1,79	8,3	0,84
2015	75	6,95	1,81	7,37	1,89	6,4	1,92

* São realizados quatro testes teóricos, mas em geral somente os três melhores resultados são considerados no cálculo da média. ** São realizadas três provas, mas somente os dois melhores resultados são considerados.

2015, neste caso refletindo o julgamento das duas turmas envolvidas, que recebeu a pior avaliação de todos os anos.

O item representado pela Figura 11.1(c) compara o aprendizado através do modo tradicional com a nova proposta. O resultado explicitado nesse caso não começou tão satisfatório. Verifica-se isto através dos valores das alternativas “Concordo” e “Concordo totalmente”, que se relacionam com a preferência pelo modelo tradicional. Embora na média estas alternativas tenham, respectivamente, 5% e 16% das respostas, a soma destes itens já chegou a 38% em 2008. A participação destas respostas foi, no entanto, diminuindo progressivamente até 2013, novamente o ano com a melhor avaliação. Por outro lado, a avaliação da turma de 2015 se contrapôs à da turma de 2013, com viés negativo.

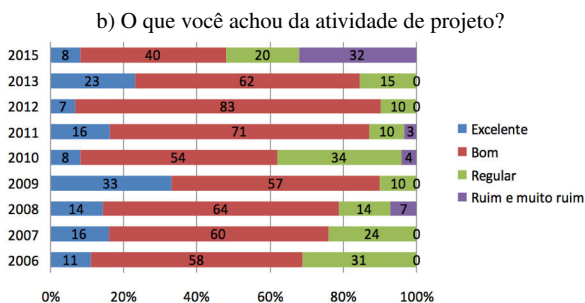
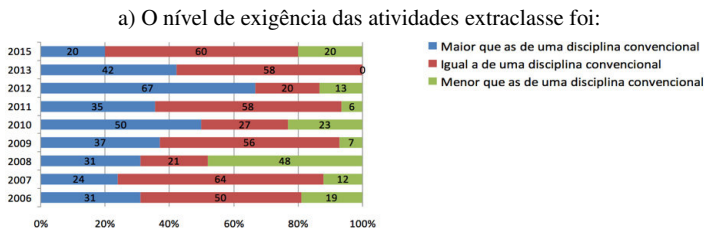
A Figura 11.1(d) confirma a percepção relativamente negativa da turma de 2015, mas curiosamente também mostra uma avaliação não muito boa da disciplina por parte da turma de 2013. Por outro lado, o conjunto dos dados aponta para resultados bastante positivos, com uma média de 34% e 50% das avaliações classificadas como “Muito Boa” e “Boa”. Apenas 2% das respostas foram atribuídas, em média,

a cada uma das classificações “Ruim” e “Muito Ruim”, além de 13% à alternativa “Regular”.

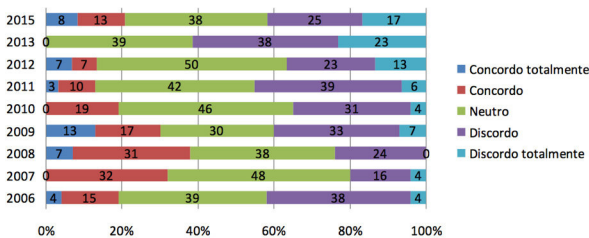
Cabe destacar ainda que, em média, 83% dos estudantes declararam que fariam outra disciplina nesse formato, ou seja, com uma combinação de atividades em sala de aula e extraclasse. Para a turma de 2013, este valor chegou a 96%. Os resultados parecem sugerir que um aumento na aceitação da metodologia pode vir acompanhado de um crescimento continuado no aprendizado dos alunos e na capacitação dos docentes. Além disso, uma avaliação crítica dos dados permitiu evidenciar os pontos fortes e fracos, as oportunidades e ameaças da estratégia proposta, conforme sintetizado na Figura 11.2. Ainda parece prematuro avaliar as eventuais causas dos resultados aparentemente piores obtidos em 2015. No entanto, a julgar pelos resultados preliminares da experiência em 2016 (não apresentados neste texto, mas já do conhecimento dos autores no momento da finalização do mesmo), a aplicação do projeto para a totalidade dos alunos não parece ter sido uma boa estratégia, pelo menos não com apenas dois professores na equipe de implementação (ver pontos fracos na Figura 11.2).

11.5 Considerações Finais

Este trabalho teve como principal objetivo descrever e analisar os resultados da aplicação de uma estratégia pedagógica implementada a partir de 2006 na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. Trata-se de uma estratégia de ensino semi-presencial, ou blended learning, aplicada ao ensino de Planejamento de Transportes, que adota, além de uma plataforma on-line, uma abordagem PBL. Em termos gerais, a proposta mostrou-se viável para utilização em uma disciplina obrigatória do curso de Engenharia Civil. Isto foi observado tanto do ponto de vista de carga horária, como da adequação ao conteúdo tradicional. Um fato relevante é que os benefícios advindos com a utilização da proposta podem naturalmente ser transferidos para outros cursos, da própria escola ou externos a ela. Dada a forte influência do contexto nos problemas de transportes, esta transferência deve ter o cuidado de se ajustar às condições do local onde será introduzida. Além disso, infelizmente os professores envolvidos não devem esperar muito apoio por parte da sua instituição, pois este tipo de iniciativa interfere com processos burocráticos, ad-



c) Considero mais fácil aprender os assuntos relacionados ao tema da disciplina de modo tradicional (ou seja, sem as atividades extraclasse).



d) Qual é a sua avaliação global para essa disciplina?

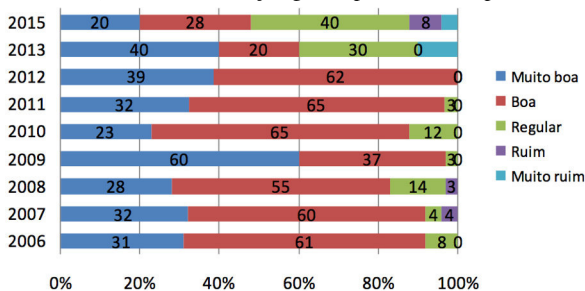


Fig. 11.1: Respostas a quatro questões seleccionadas dentre as vinte que compunham o questionário de avaliação da proposta e da plataforma on-line.

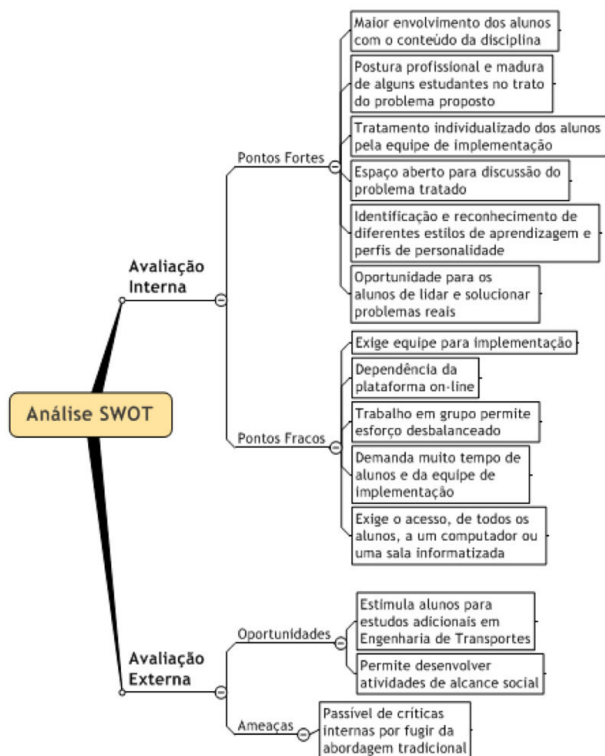


Fig. 11.2: Pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças da estratégia proposta

ministrativos e mesmo pedagógicos consolidados, e há, em geral, clara resistência institucional para mudanças. E os desafios não param por aí. Até mesmo entre os alunos existem aqueles que não querem arriscar mudanças. Embora não exista uma condição única e definitiva para ultrapassar estes desafios, parece que o elemento fundamental para o sucesso da implementação é a perseverança por parte dos docentes interessados.

Pode-se observar ainda, através dos resultados obtidos na disciplina “Planejamento e Análise dos Sistemas de Transportes”, que houve uma melhora no desempenho dos estudantes. Isto pôde ser percebido também na postura profissional demonstrada na realização de todas as atividades previstas na metodologia, em especial na Atividade Prática II - Elaboração e apresentação do projeto final.

Pode-se afirmar também que a experiência foi bem aceita pela maioria dos alunos, como indicam as avaliações realizadas por atividades, e as respostas ao questionário de avaliação final. Os resultados obtidos com a turma de 2015, no entanto, requerem atenção. Embora ainda não existam elementos para confirmar tal hipótese, talvez o problema esteja associado ao tamanho da turma.

Os resultados permitiram a identificação tanto de pontos fortes e fracos, como de oportunidades e ameaças. Observa-se, por exemplo, um maior envolvimento dos alunos com os conteúdos abordados. Outro ponto positivo é uma postura profissional e madura de alguns desses estudantes no trato dos problemas propostos. Além disso, vários deles manifestaram interesse em prosseguir atuando na área de Engenharia de Transportes e alguns efetivamente o fizeram, inclusive ingressando no programa de pós-graduação oferecido pela própria EESC-USP. As análises do desempenho dos alunos e da avaliação da estratégia pedagógica forneceram ainda importantes elementos para o aprimoramento da proposta, na medida em que permitem identificar aspectos que podem eventualmente estar comprometendo o processo de ensino-aprendizagem.

Referencias

- Fini, E. H. & Mellat-Parast, M. (2012), 'Using Project-Based Learning (PBL) to Improve Student Learning in Transportation Engineering.' The Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., USA, 2012.'.
- Güzelis, C. (2006), 'An experience on problem based learning in an engineering faculty', *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences* **14**(1), 67–76.
- Kalatzis, A. C. (2008), Aprendizagem baseada em problemas em uma plataforma de ensino a distância com o apoio dos estilos de aprendizagem: uma análise do aproveitamento dos estudantes de engenharia, Thesis.
- Kuri, N. P., da Silva, A. N. & Pereira, M. A. (2006), 'Estilos de aprendizagem e recursos de hipermídia aplicados no ensino de planejamento de transportes', *Revista Portuguesa de Educação* **2**, pp.E1–E8.
- Kuri, N. P., Manzato, G. G. & Rodrigues da Silva, A. N. (2007), 'Aprendizado Baseado em Problemas em uma Plataforma de Ensino a Distância: uma Aplicação

do CoL na EESC-USP’.

- Lima, R. S., Brondino, N. C. M. & da Silva, A. N. (1999), Uma nova abordagem para o ensino de SIG em cursos de graduação ligados a área de planejamento de transportes, *in* ‘Proceedings of the 13^o Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes’, Vol. 2, ANPET, pp. 95–102.
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010), ‘Inquiry-based science instruction: what is it and does it matter ? Results from a research synthesis years 1984 to 2002’, *Journal of Research in Science Teaching* **47**(4), 474–496.
- Mioduser, D. & Betzer, N. (2007), ‘The Contribution of project-based-learning to high-achievers’ acquisition of technological knowledge and skills’, *International Journal of Technology and Design Education* **18**, pp.59–77.
- Oliveira, A. M., Ramos, T. C. & da Silva, A. N. (2014), Introduzindo conceitos de mobilidade sustentável no ensino superior a partir de problemas de mobilidade do campus, *in* ‘Proceedings of the 6^o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável’.
- Quinn, K. A. & Albano, L. D. (2008), ‘Problem-based learning in structural engineering education’, *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice* **134**(4), 329–334.
- Rodrigues da Silva, A. N. (2009), *Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino a distância uma aplicação em engenharia*, CETEPE/EESC/USP, São Carlos, pp. 17–38.
- Rodrigues da Silva, A. N. & Van Der Waerden, P. (1997), Supporting education in transportation planning with a GIS-T student-friendly training tool, *in* ‘Proceedings of the 3^o GIS BRASIL’.
- Rodriguez da Silva, A. N., Pereira, M. A. & Lima, R. S. (2003), Introducing GIS T in transportation education and training under limited data availability, *in* ‘Proceedings of the Annual Meeting of the Transportation Research Board’.
- Silva Jr, C. A. P. (2014), Engenharia de transportes no ensino de graduação: competências, habilidades, processo de ensino-aprendizagem e avaliação, Thesis.
- Souza, L. S. H., Nascimento, M. A. P. & Rodrigues da Silva, A. N. (n.d.), O Uso da Internet como ferramenta de apoio ao processo de ensino-aprendizagem da engenharia de transportes, *in* ‘Proceedings of the 15^o Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes’, Vol. III, pp. pp.221–226.

Vandebona, U. & Attard, M. M. (2002), ‘A problem-based learning approach in a civil engineering curriculum’, *World Transactions on Engineering and Technology Education* **1**(1), 99–102.

AFILIAÇÃO

Antônio Nélon Rodrigues da Silva
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil
e-mail: anelson@sc.usp.br

Nidia Pavan Kuri
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil
e-mail: nidiak@sc.usp.br

Parte III

Perspectivas de modificación curricular en Latinoamérica

Capítulo 12

Los cambios hacia el PBL: Lecciones aprendidas

Aida Guerra, Fernando Rodríguez Mesa y Fabián Andrés González

Resumen: En la primavera de 2016, el Centro de Aalborg para el Aprendizaje Basado en Problemas en Ciencias de la Ingeniería y Sostenibilidad, auspiciado por la UNESCO en la Universidad de Aalborg (Dinamarca), tomó la iniciativa de recopilar y compilar ejemplos de casos de implementación del aprendizaje basado en problemas (PBL por sus siglas en inglés) en la educación en ingeniería de América Latina. Para cumplir con este propósito, el Centro UNESCO de Aalborg se unió con dos universidades de Colombia: la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad del Valle. El objetivo fue recopilar ejemplos de implementación del PBL en la educación de ingenieros en países de América Latina, reflexionar sobre los modelos, desafíos y motores del cambio curricular para proporcionar una inspiración a la comunidad de educación en ingeniería a implementar enfoques de aprendizaje más centrados en los estudiantes. El libro reúne 10 casos de aplicación del PBL en la formación de ingenieros en Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, y Perú. En este capítulo, los autores resumen y extraen los principales elementos de los diferentes casos con el propósito de reflexionar sobre los procesos de cambio e implementación del PBL. El capítulo está organizado en seis secciones: introducción (*sección 12.1*), *impulsores del cambio* (*sección 12.2*), *estrategias para el cambio* (*sección 12.3*), *variación de los modelos y prácticas en PBL* (*sección 12.4*), *desafíos* (*sección 12.5*) y observaciones finales (*sección 12.6*)

12.1 Introducción

En las últimas décadas, las instituciones de educación en ingeniería han dedicado un esfuerzo considerable a la revisión de sus planes de estudios. Uno de los propósitos es desarrollar las competencias requeridas por la profesión para desempeñarse en contextos globales y satisfacer las demandas del mercado, del cliente y de la sociedad ([Engineering-2020 2004](#), [UNESCO 2010](#)). Como ejemplo, las juntas de acreditación en ingeniería se refieren al pensamiento crítico, a la comunicación, a la resolución de problemas y al trabajo en equipo como parte fundamental de sus criterios de acreditación para el aseguramiento de la calidad de los programas de ingeniería ([ABET 2016](#), [Gnaur et al. 2015](#)).

Al igual que en otras partes del mundo, los países latinoamericanos han modificado sus currículos mediante la implementación de enfoques de aprendizaje activo centrados en el estudiante ([De Graaff & Kolmos 2007](#), [Du et al. 2009](#)), tales como el aprendizaje basado en problemas y organizado por proyectos (PBL) ([PAEE 2017](#)). El PBL es una metodología de aprendizaje innovadora en la que un grupo de estudiantes aprende resolviendo problemas reales. Al hacerlo, los estudiantes seleccionan, aprenden y aplican nuevos conocimientos, y desarrollan habilidades de aprendizaje colaborativo, comunicativo y autónomo.

Este capítulo resume los casos seleccionados de implementación del PBL en América Latina, refiriéndose a aspectos tales como los impulsores y las estrategias para el cambio, variaciones del modelo PBL y los principales retos encontrados durante el proceso de implementación. Todos los casos presentan diferentes enfoques del PBL y describen el proceso de aprendizaje de los estudiantes a través del currículo y de las actividades de aprendizaje en los programas de pregrado en ingeniería. La tabla [12.1](#) muestra un resumen de los casos seleccionados en cinco países latinoamericanos.

12.2 Impulsores del Cambio

La principal cuestión que se aborda en esta sección es mostrar las fuerzas motoras de cambio en los diez casos de aplicación del PBL y proporcionar una comprensión de todos los diferentes elementos que motivaron el cambio, el tipo de implementación

Tabla 12.1: Casos de aplicación del PBL

País	Institución (Capítulo No.)	Nivel de Implementación	Siglas
Brasil	Universidade Virtual do Estado de São Paulo - Universidade de São Paulo (Capítulo 4)	Institución	UNIVESP-USP
	Universidade de São Paulo (Capítulo 11)	Programa	USP
	Universidade de Brasília (Capítulo 7)	Curso	UNB-1
	Universidade de Brasília (Capítulo 2)	Curso	UNB-2
Chile	Universidad de Los Andes (Capítulo 6)	Curso	UANDES
Colombia	Pontificia Universidad Javeriana (Capítulo 10)	Programa	PUJ
	Universidad de los Andes (Capítulo 9)	Curso	UNIANDÉS
	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Universidad del Valle (Capítulo 5)	Curso	UPTC-UV
Costa Rica	Universidad Nacional (Capítulo 3)	Programa	UNA
Perú	Universidad de Piura (Capítulo 8)	Programa	UDEP

Fuente: El autor.

y qué modelo educativo existente (PBL o no) sirvió de base para el cambio curricular. A primera vista, el cambio curricular se observa desde diferentes ángulos, porque varias instituciones usan los principios del PBL con diferentes propósitos y enfoques. El proceso de cambio de un currículo tradicional a un currículo centrado en el estudiante es una tarea exigente. Además, se trata de un proceso integral que tiene como objetivo abordar las demandas sociales y mejorar el conocimiento, las habilidades y competencias para el aprendizaje permanente. Independientemente del proceso, cada institución, programa o curso que utiliza los principios del PBL tiene su propia historia para contar.

Brasil en los últimos años ha invertido en recursos informáticos y computadores dedicados a la enseñanza. Además, la inversión en innovación e investigación ha

ido creciendo a partir de 2001 con grandes impactos en la educación (Calmanovici 2011, OECD 2015). Los nuevos recursos en el aula de clase promueven formas alternativas de perseguir los objetivos educacionales y mejorar el aprendizaje colaborativo (Abreu et al. 2011, Araujo et al. 2015). También existe la preocupación de fortalecer las habilidades profesionales (De Camargo 2008, Siqueira-Batista & Siqueira-Batista 2009).

En el contexto brasileño, la Universidad Virtual del Estado de São Paulo (*UNIVESP*), la Universidad de São Paulo (*USP*) y la Universidad de Brasília (*UNB*) tienen una amplia experiencia en el trabajo con diferentes estrategias de aprendizaje activo. La *UNIVESP* es una institución pública de educación superior (*la primera universidad brasileña exclusivamente virtual*) basada en un modelo didáctico pedagógico centrado en el aprendizaje activo y con enfoque en la resolución de problemas. La *UNB* se construye con la promesa de reinventar la educación superior en Brasil y presenta dos casos particulares: El primero es el programa de Ingeniería de Producción, el cual implementó un modelo PBL con soluciones a través de proyectos. El segundo es un curso de Ingeniería Mecánica titulado "*Proyectos Integradores*" con un énfasis en proyectos interdisciplinarios. Finalmente, el programa de Ingeniería Civil de la *USP* adoptó un modelo PBL combinado con el uso de plataformas de aprendizaje a distancia como estrategia pedagógica. Todas estas universidades están de acuerdo en que el modelo PBL es un enfoque educativo que permite desarrollar un conjunto de habilidades y competencias a través del proceso educativo.

En el contexto chileno, dos programas nacionales han tenido un gran impacto en el cambio educativo. En 1998 se concibió un programa para mejorar la calidad e igualdad de la educación en Chile denominado *MECESUP*. Con este programa, las universidades podrían obtener fondos para la innovación académica. El otro programa nacional fue el denominado "Nueva Ingeniería para el 2030", introducido en el año 2013 por la Corporación de Fomento de la Producción (*CORFO*) con el objetivo de rediseñar la educación en ingeniería, mejorar la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, la innovación y el espíritu empresarial. El programa ofrecía la posibilidad de cofinanciar planes estratégicos (individuales o en consorcio) con un horizonte de seis años para que las escuelas de ingeniería en Chile se vieran motivadas a realizar un cambio tanto curricular como administrativo y de esta forma alcanzar la excelencia académica y lograr un reconocimiento internacional en el

ámbito de las mejores universidades del mundo ([Graham 2017](#), [Célis & Hilliger 2016](#))

Desde el año 2012, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad de los Andes (*UANDES*) en Chile ha venido desarrollando un cambio sistemático en las metodologías de enseñanza-aprendizaje para la educación en ingeniería. La combinación del PBL y la Enseñanza Justo a Tiempo (*Just-in-Time Teaching - JiTT*) en los cursos de programación y bases de datos ha demostrado ser una excelente manera para mejorar las calificaciones del curso, aumentar la motivación y la participación de los estudiantes, y apoyar el trabajo independiente de los estudiantes por fuera del aula de clase. Es importante destacar la reducción en el uso de los principales recursos de la institución, como son la infraestructura y tiempo de los profesores, debido a la activa participación de las autoridades institucionales en el proceso de intervención metodológica.

En Colombia durante la primera década del 2000, se presentaron problemas con la formación de ingenieros relacionados con el nivel educativo, altas tasas de repetición en cursos de ciencias básicas, abandono escolar y un bajo número de nuevos estudiantes matriculados debido al bajo nivel académico de los graduados de secundaria. También hubo un pequeño número de doctores graduados (Ph.D.). Sólo en 2008, el 3,7% de la población tenía un título de doctorado, por lo que no se podía esperar mucha investigación nacional ([Peña-Reyes 2011](#)). En esta década se presentaron iniciativas gubernamentales y privadas para evaluar las competencias de los graduados que han motivado la innovación académica ([Rodríguez & Peña 2015](#)). la Visión de Competitividad de Colombia para el año 2032 fue creada en el año 2006 con la participación activa del Gobierno Nacional, los empresarios, los gremios, las universidades, las regiones y los trabajadores ([CPC 2007](#)). Adicionalmente, desde 2006, los estudiantes de secundaria en Colombia en los resultados de las pruebas internacionales PISA han demostrado una notable deficiencia en las competencias de pensamiento crítico y resolución de problemas reales. Por lo tanto, se crearon esfuerzos combinados para mejorar la educación secundaria y terciaria en el País. El Ministerio de Educación Nacional creó diferentes proyectos y comités con el espíritu de ser el País más educado de América Latina en 2025 en todos los niveles educativos, recaudando fondos para mejorar la calidad de la educación, la acreditación y la participación en la industria ([MEN 2013](#), [2015](#), [2016](#)). Pese a las diferentes iniciativas que han sido abordadas, los problemas educativos aún persisten en

Colombia y se hace necesario profundizar en las acciones que se deben seguirse para mejorar (CPC 2014).

La Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y la Universidad del Valle (UV) han estado trabajando conjuntamente con el objetivo de implementar un modelo PBL como estrategia añadida (*add-on strategy*) en un currículo tradicional en el curso de Sistemas de Control Automático en ambas universidades. En la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) de Bogotá se realizó una reforma curricular para fomentar habilidades y competencias en los estudiantes de pregrado. El PBL fue implementado en el curso de sistemas digitales del programa de Ingeniería Electrónica, donde los estudiantes resuelven problemas a través del ciclo de desarrollo del producto. La Universidad de los Andes (UNIANDES) presenta un caso particular de implementación de PBL en el programa de posgrado de Maestría en Educación, centrado en la integración de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (*comúnmente conocido como STEM*).

En Costa Rica, las iniciativas para mejorar la educación buscan proveer a los egresados un conjunto de competencias relevantes para la realidad industrial del contexto nacional (Rivera et al. 2014). Casos como el modelo pedagógico de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) se han abierto, fomentado así la innovación académica. Su modelo nació en 2004 y se basa en los resultados de la Conferencia Mundial en Educación de la UNESCO en 1998. El modelo pedagógico incluye aspectos tales como la necesidad de capacitar en habilidades y sostenibilidad. En 1998, también se presentaron iniciativas para incorporar tecnologías de la información y la comunicación (TIC) al Tecnológico de Costa Rica (TEC). Sin embargo, en 2007 se reformularon estas iniciativas con el propósito de incorporar cambios en las políticas educativas y ampliar la oferta académica, con el objetivo de mejorar la formación por competencias, la relación entre docentes y estudiantes y los procesos administrativos (Garita & Chacón-Rivas 2012).

Desde 2006, la UNA ha estado desarrollando una estrategia “*de abajo arriba*” para implementar un modelo PBL en los cursos de Ingeniería de Sistemas. Los objetivos de la UNA son cerrar la brecha entre la industria y la academia, promoviendo clases más prácticas, y desarrollando habilidades transversales y técnicas. Este ejemplo resalta la importancia de involucrar a la facultad en los procesos de cambio para fomentar un trabajo más inclusivo y participativo.

El Consejo Nacional de Educación (*CNE*) en Perú propuso el Proyecto Educativo Nacional (*PEN*) con el objetivo de satisfacer las demandas de la sociedad, el desarrollo del país y de sus habitantes. Fue aprobado en 2007 y se centra en el acceso, la igualdad de oportunidades y la calidad ([CNE 2005](#)). En 2008, el Ministerio de Educación del Perú (*MED*) presentó el programa denominado "*un laptop por niño*" para estudiantes y profesores de escuelas primarias y rurales. Estos programas no han sido eficaces para alcanzar los objetivos del PEN. Los esfuerzos subsiguientes se han centrado en el acceso rural a la educación. El bajo rendimiento de los estudiantes en las pruebas internacionales en el área de la ciencia y la falta de habilidades informáticas han motivado a diferentes maestros a perseguir la innovación académica ([Cueto et al. 2017](#)). Por lo tanto, desde el MED se han venido implementado iniciativas emergentes como el programa "*Enseña Perú*" con la participación de varias universidades y el programa "*Construyendo Escuelas Exitosas*" ([Castro-Carlín & Lavado-Padilla 2016](#), [Perú 2017](#)).

La Universidad de Piura (*UDEP*), en Perú, ha venido implementando un modelo PBL durante nueve años en los cursos de Química General 1 y 2 en los programas de Ingeniería Industrial y de Sistemas, los cuales han sido evaluados tanto por estudiantes como profesores. Los resultados muestran un incremento en la motivación y participación de los estudiantes que, sin duda, es atribuible al hecho que los estudiantes asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje. La participación y continua formación de los profesores son factores decisivos para lograr un modelo PBL sostenible.

En resumen, los ejemplos mencionados anteriormente y los principales impulsores del cambio se insertan en un contexto más amplio y reflejan esfuerzos e iniciativas para potenciar el capital humano de los países mediante la implementación de nuevos enfoques educativos, herramientas y desarrollo de habilidades. Además, los ejemplos también presentan diferentes respuestas al cambio curricular. Las siguientes secciones se resumen y destacan otros aspectos del cambio curricular como las estrategias y la variedad resultante de modelos y prácticas del PBL.

12.3 Estrategias para el Cambio

Kolmos et al. (2016) hace referencia a tres respuestas y estrategias para el cambio curricular: i) estrategia añadida (*add-on*) caracterizada por cambios a nivel de curso; ii) estrategia de integración (*integration*) caracterizada, principalmente, a nivel de programa; y iii) estrategia de reconstrucción (*re-building*) caracterizada como un cambio sistémico a nivel institucional. Frecuentemente, los cambios a nivel de curso son iniciados por el personal académico, mientras que los cambios a nivel programa y a nivel institucional tienen su punto de partida en la gestión administrativa media y superior. La estrategia añadida es una estrategia de componentes que añade o modifica los elementos sin alterar la estructura curricular existente. La estrategia de integración va un paso más allá, trazando y coordinando diversos cursos e integrando diferentes aspectos en la estructura curricular de todo el programa académico. La estrategia de reconstrucción corresponde a un nuevo tipo de universidad emergente con un fuerte apoyo institucional.

Sobre la base de lo anterior, hay casos que representan todos los niveles de cambio curricular, donde la implementación del PBL en los niveles de curso y programa son los más dominantes. Esto indica la existencia de un personal académico altamente motivado en la mejora de sus prácticas de enseñanza, quienes también adoptan un enfoque investigativo en las reformas curriculares mediante la evaluación de los resultados e impacto del cambio implementado.

12.4 Variación de los modelos y prácticas en PBL

Al igual que cualquier otro entorno de aprendizaje, el PBL es complejo y dinámico, integrado por los actores (*personal académico y estudiantes*), las estructuras (*planes de estudio e instalaciones*) y los marcos de trabajo (*contenido y evaluación*). Las prácticas y modelos del PBL existen en diferentes áreas de la educación, contextos, países y culturas (De Graaff & Kolmos 2007). Aunque los casos usen las mismas pautas y estructura general, hay una gran variedad de modelos PBL desarrollados y practicados. Esta variación resulta de la interacción de los diferentes elementos del currículo, como el tipo de problemas, los recursos y el tiempo asignado, el papel del profesor, los espacios de aprendizaje y la cultura institucional y nacional. Por

ejemplo, el caso de la UDEP presenta un enfoque híbrido activo, donde el PBL se combina con actividades de aprendizaje pre-diseñadas para reemplazar las clases. El caso de la USP implementa el PBL junto con plataformas de aprendizaje a distancia como una estrategia pedagógica. El caso de la PUJ utiliza el juego de roles como una actividad dentro del enfoque PBL. El caso de la UANDES combina la metodología JiTT con el PBL y, finalmente, los casos de UNIVEST, UPTC-UV, UNIANDES, UNB y UNA describen el uso del Aprendizaje Basado en Problemas y Orientado por Proyectos como un estrategia añadida en un plan de estudios tradicional. Además, en la mayoría de los casos latinoamericanos los autores hacen especial énfasis en la organización del proyecto y no tanto en la orientación del problema. Sin embargo, esto se encuentra estrechamente relacionado con la tradición disciplinar y profesional de la ingeniería y su enfoque práctico.

De esta manera, cada uno de los casos de implementación del PBL es único, a pesar de que en etapas anteriores la inspiración y el conocimiento son recopilados a partir de modelos ya establecidos como los de la Universidad de McMaster, la Universidad de Maastricht, la Universidad del Minho y la Universidad de Aalborg.

12.5 Desafíos

El proceso de cambio por lo general implica diferentes estrategias y niveles en la institución y no está ausente de los retos por superar. Los casos de ejemplo han mencionado los siguientes desafíos como los más comunes en el proceso de implementación del PBL:

- Desarrollar actividades de aprendizaje con los principios del PBL implica una nueva concepción curricular, y un cambio en el paradigma del modelo educativo tradicional se convierte a veces en un desafío. Si el plan de estudios es parte de un sistema rígido, entonces tratar de hacer un cambio en la estructura curricular de un programa académico es una tarea difícil de lograr.
- Motivar el cambio de las actividades pedagógicas en los profesores es un desafío que todas las universidades deben superar. No importa el tipo de enfoque educativo, el profesor debe mejorar continuamente sus habilidades de enseñanza.

- El proceso de cambio debe incluir a los estudiantes, de lo contrario, existe un riesgo de fracaso en las actividades de enseñanza-aprendizaje. El estudiante es el actor principal en el modelo PBL.

El apoyo institucional es importante para cualquier proceso de cambio y un elemento clave para llevar a cabo una implementación exitosa del PBL. Además, corresponde a la institución fomentar y apoyar estos cambios pioneros para lograr la innovación educativa.

12.6 Observaciones Finales

La literatura muestra variados ejemplos de implementación del PBL que comparten principios fundamentales de aprendizaje PBL. Sin embargo, cada modelo PBL es único porque está diseñado e implementado en, y para, contextos específicos (*instituciones, programas, profesores y estudiantes*). Se tiene en cuenta la disciplina, las culturas institucionales y nacionales, los recursos, los objetivos de aprendizaje, las instalaciones, el personal académico y la evaluación. Esta es la línea base para cada uno de los casos descritos en los capítulos anteriores. Los casos se describen en relación con los impulsores para el cambio, el modelo PBL (*los objetivos de aprendizaje, la evaluación, los roles de los profesores y los estudiantes, las instalaciones y la progresión*) y el proceso de aprendizaje, los retos y las perspectivas futuras. Por otra parte, aunque se utiliza un marco común, los casos muestran una variedad de modelos PBL que surgen de diferentes iniciativas, recursos disponibles, contextos y países. Cada modelo está unido de manera única por una visión común de lo que la educación debe ser (*centrada en el estudiante*) y con qué fin (*preparar a los estudiantes para la práctica profesional de la mejor manera posible*). En este sentido, el diseño y la implementación del PBL no adopta un enfoque "*copiar y pegar*", sino un enfoque de construcción social en el que se necesita un conocimiento de la teoría, contexto, cultura, estructuras, recursos y actores involucrados. Los modelos existentes se utilizan como ejemplos para recoger el conocimiento y la inspiración para el cambio.

Adicionalmente, este libro ilustra la necesidad de revisar el plan de estudios para implementar el PBL, y es importante contar con el conocimiento, los recursos y la

inspiración para iniciar y llevar a cabo estos procesos. Los casos presentados utilizan principalmente estrategias de aprendizaje orientadas por problemas, organizadas por proyectos e implementadas a nivel de cursos, programas e instituciones. Proporcionan ejemplos de estrategias añadidas, integradas y de re-construcción. El proceso de cambio requiere tiempo y no está ausente de los desafíos. En este sentido, el intercambio de conocimientos y las colaboraciones multinacionales, el apoyo institucional y gubernamental, la capacitación del personal y las evaluaciones basadas en la evidencia son factores importantes para superar los desafíos mencionados.

Esperamos que estos ejemplos inspiren a los profesores de ingeniería y a la comunidad de maestros a desarrollar la educación en ingeniería y educar la próxima generación de ingenieros para América Latina y contribuir al desarrollo y crecimiento de los países.

Referencias

- ABET (2016), *Criteria For Accrediting Engineering Programs*, Engineering Accreditation Commission, Baltimore.
- URL:** <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>
- Abreu, J., Claudeivan, L., Veloso, F. & Gomes, A. (2011), Análise das práticas de colaboração e comunicação: Estudo de caso utilizando a rede social educativa redu, in 'XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação', pp. 1246–1255.
- Araujo, U. d., Garbin, M., Franzi, J., Araujo, V. d. & Silva, C. d. O. (2015), 'O uso de tecnologias educacionais na formação de professores para conteúdos de ética e cidadania: o curso de especialização semipresencial em "ética, valores e cidadania na escola"', *International Studies on Law and Education* **19**(1), 37–46.
- Calmanovici, C. E. (n.d.), 'A inovação, a competitividade e a projeção mundial das empresas brasileiras', *Revista USP* pp. 190 – 203.
- Castro-Carlín, J. F. & Lavado-Padilla, P. (2016), *Metas del Perú al Bicentenario*, Consorcio de Universidades, chapter Mejoras en la Educación Básica en el Perú: propuestas para consolidarlas, pp. 156–162.
- Célis, S. & Hilliger, I. (2016), Redesigning Engineering Education in Chile: How Selective Institutions Respond to an Ambitious National Reform. 2016 ASEE Annual Conference, New Orleans, LA.

- Consejo Nacional de Educación (2005), 'Hacia un proyecto educativo nacional 2006-2021', <http://www.cne.gob.pe/>
- Consejo Privado de Competitividad (2007), 'Informe nacional de competitividad', http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles151341_archivo_pdf.pdf.
- Consejo Privado de Competitividad (2014), 'Informe nacional de competitividad 2014-2015', <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/prensa/informes/CPC-InformeNacionaldeCompetitividad2014.pdf>.
- Cueto, S., León, J., Sorto, M. & Miranda, A. (2017), 'Teachers' pedagogical content knowledge and mathematics achievement of students in peru', *Educational Studies in Mathematics* **94**(3), 329–345.
- De Camargo R., L. (2008), 'Electrical engineering students evaluate problem-based learning (pbl)', *International Journal of Electrical Engineering Education* **45**(2), 152–161.
- De Graaff, E. & Kolmos, A. (2007), *Management of Change: Implementation of Problem-Based and Project-Based learning in engineering*, Sense Publisher, chapter History of Problem Based and Project Based Learning, pp. 1–8.
- Du, X., De Graaff, E. & Kolmos, A. (2009), *Research on PBL Practice in Engineering Education*, Sense Publisher.
- Garita, C. & Chacón-Rivas, M. (2012), Tec digital: A case study of an e-learning environment for higher education in costa rica, in '2012 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)', pp. 1–6.
- Gnaur, D., Svidt, K. & Thygesen, M. (2015), 'Developing students' collaborative skills in interdisciplinary learning environments', *International Journal of Engineering Education* **31**(1), 257–266.
- Graham, R. (2017), Snapshot review of engineering education reform in chile, Technical report, Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Kolmos, A., Hadgraft, R. & Holgaard, J. (2016), 'Response strategies for curriculum change in engineering', *International Journal of Technology and Design Education* **26**(3), 391–411.
- Ministerio de Educación Nacional (2013), 'Observatorio laboral para la educación', <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/w3channel.html>.

- Ministerio de Educación Nacional (2015), 'Convocatoria pública para instituciones de educación superior para acceder a la línea de crédito con tasa compensada a través de findeter', <http://www.mineduacion.gov.co/1759/w3article-354280.html>.
- Ministerio de Educación Nacional (2016), 'Colombia, la mejor educada en el 2025', http://www.mineduacion.gov.co/1759/articles355154_foto_portada.pdf.
- NAP -The National Academic Press (2004), *The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century*, The National Academies Press, Washington, DC.
URL: <https://www.nap.edu>
- OECD (2015), *Education at a Glance 2015*, OECD Publishing.
URL: [/content/book/eag-2015-en](http://content/book/eag-2015-en)
- Perú, E. (n.d.), 'Programa de liderazgo', <http://ensenaperu.org/>.
- Peña-Reyes, J. (2011), 'Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad', *Ingeniería e Investigación* **31**(1), 100–111.
- Project Approaches in Engineering Education (PAEE), I. S. (n.d.), 'Proceedings of past editions', <http://paee.dps.uminho.pt/>.
- Rivera, S., Chotto, M. & Salazar, G. (2014), A proposal for implementing pbl in programming courses, in '2014 XL Latin American Computing Conference (CLEI)', pp. 1–11.
- Rodriguez, F. & Peña, J. (2015), *Global Research Community: Collaboration and Developments*, Aalborg University Press, chapter Achievements in interdisciplinary engineering education at Universidad Nacional de Colombia: Showing six years of experiences, pp. 106–115.
- UNESCO (2010), Engineering issues, challenges and opportunities for development, Technical report, UNESCO.
- Siqueira-Batista, R. & Siqueira-Batista, R. (2009), 'Os anéis da serpente: a aprendizagem baseada em problemas e as sociedades de controle', *Ciência & Saúde Coletiva* **14**(4), 1183 – 1192.
- Universidad Técnica Federico Santamaría. (n.d.), 'The clover 2030 engineering strategy, an engine to surf the waves for chile's development', <http://www.ingenieria2030.org/>.

AFILIACIONES

Aida Guerra

Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability under the auspices of UNESCO

Aalborg University, Denmark e-mail: ag@plan.aau.dk

Fernando Rodríguez-Mesa

Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

e-mail: fjrodriguezm@unal.edu.co

Fabián Andrés González

Universidad del Valle, Cali, Colombia

e-mail: gonzalez.fabian@correounivalle.edu.co

Lista de Colaboradores

Editores

Aida Guerra

Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability under the auspices of UNESCO, Aalborg University, Denmark e-mail: ag@plan.aau.dk

Fernando Rodriguez-Mesa

Departamento de Mecánica y Mecatrónica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá e-mail: fjrodriguezm@unal.edu.co

Fabian Andrés González

Universidad del Valle. Cali, Colombia e-mail: gonzalez.fabian@correounivalle.edu.co

Catalina Ramírez

Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia e-mail: mariaram@uniandes.edu.co

Autores (Orden de aparición)

Dianne M. Viana

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasil e-mail:

diannemv@unb.br

Carla M. C .C Koike

Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília, Brasil, e-mail:

ckoike@unb.br

Flávio de B. Vidal

Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília, Brasil, e-mail:

fbvidal@unb.br

Thiago Doca

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasil e-mail:

doca@unb.br

Antônio M. D. Henriques

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasil e-mail:

henriques@unb.br

María Marta Sandoval-Carvajal

Universidad Nacional, Costa Rica e-mail: [maria.sandoval.carvajal@](mailto:maria.sandoval.carvajal@una.cr)

[una.cr](mailto:maria.sandoval.carvajal@una.cr)

Rita Cortés Chavarría

Universidad Nacional, Costa Rica e-mail: [rita.cortes.chavarria@una.](mailto:rita.cortes.chavarria@una.cr)

[cr](mailto:rita.cortes.chavarria@una.cr)

Elena Porras Piedra

Universidad Nacional, Costa Rica e-mail: maria.porras.piedra@una.cr

Fulvio Lizano Madriz

Universidad Nacional, Costa Rica e-mail: fulvio.lizano.madriz@una.cr

Ulisses F. Araújo

Universidade de São Paulo (USP), Brasil, e-mail: uliarau@usp.br

Waldomiro Loyolla

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil, e-mail:

wloyolla@univesp.br

Mónica C. Garbin

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil, e-mail:

monica.garbin@univesp.br

Carolina Costa Cavalcanti

Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), Brasil, e-mail:

carolina.cavalcanti@cursos.univesp.br Liliana Fernández-Samacá

Universidades Pedagógica y Tecnológica de Colombia e-mail: liliana.fernandez@uptc.edu.co

José Miguel Ramírez Scarpetta

Universidad del Valle e-mail: jose.ramirez@correounivalle.edu.co

Matías Recabarren

Universidad de los Andes, Chile e-mail: mrecabarren@miuandes.cl

Claudio Álvarez

Universidad de los Andes, Chile e-mail: calvareza1@miuandes.cl

João Mello da Silva

Departamento de Engenharia de Produção, UnB, Brasil, e-mail:

joaomello@unb.br

Simone Borges Simão Monteiro

Departamento de Engenharia de Produção, UnB, Brasil, e-mail:

simoneborges@unb.br

João Carlos Félix Souza

Departamento de Engenharia de Produção, UnB, Brasil, e-mail: jocafs@unb.br

Ana Carla Bittencourt Reis

Departamento de Engenharia de Produção, UnB, Brasil, e-mail:

anacarlabr@unb.br

María Felipa Cañas Cano

Universidad de Piura, Perú, e-mail: maria.canas@udep.pe

Mariana Tafur

Lista de Colaboradores

Universidad de los Andes, Colombia, e-mail: m-tafur@uniandes.edu.co

Angela Restrepo

Universidad Externado de Colombia, Colombia e-mail: angela.restrepo@uexternado.edu.co

Carola Hernandez

Universidad de los Andes, Colombia, e-mail: c-hernandez@uniandes.edu.co

Alejandra María González

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia e-mail: agonzalez@javeriana.edu.co

Flor Ángela Bravo

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia e-mail: bravof@javeriana.edu.co

Kristell Fadul

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia e-mail: kfadul@javeriana.edu.co

Luisa Fernanda García

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia e-mail: luisa.garcia@javeriana.edu.co

Francisco Fernando Viveros

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia e-mail: fviveros@javeriana.edu.co

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, Brasil, e-mail: anelson@sc.usp.br

Nidia Pavan Kuri

Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, Brasil, e-mail: nidiak@sc.usp.br

Revisores

Anabela Alves

Dept. of Production and Systems Engineering, University of Minho (Portugal),

e-mail: anabela@dps.uminho.pt

Diana Mesquita

University of Minho (Portugal) e-mail: diana@dps.uminho.pt

Luis Bretel

Educador - Peru e-mail: lbretel@gmail.com

María José Terrón

Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño, Universidad Europea de Madrid,

España e-mail: m_jose.terron@universidadeuropea.es

Natascha van Hattum

School of Creative Technology Saxion University of Applied Sciences, Netherlands

e-mail: n.vanhattum@saxion.nl

Sandra Fernandes

Departamento de Psicologia e Educação, Universidade Portucalense (Portugal)

e-mail: sandraf@upt.pt